

**CARTOGRAPHIE PAR TÉLÉDÉTECTION  
DES MILIEUX HUMIDES DU SAINT-LAURENT  
(1990-1991)**

Rapport ST-232



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

**Guy Létourneau et Martin Jean**  
État du Saint-Laurent

Centre Saint-Laurent  
Conservation de l'environnement  
Environnement Canada – Région du Québec

Septembre 2005

## COMMENTAIRES DES LECTEURS

Veillez adresser vos commentaires sur le contenu du présent rapport au Centre Saint-Laurent, Conservation de l'environnement, Environnement Canada – Région du Québec, 105, rue McGill, 7<sup>e</sup> étage, Montréal (Québec), H2Y 2E7.

On devra citer la publication comme suit :

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 pages.

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2005

N<sup>o</sup> de catalogue En 152-1/232-2005F

ISBN 0-662-79580-6

## **Perspective de gestion**

Le présent document est publié dans le cadre du programme Intégration des données et accès à l'information du plan d'action fédéral-provincial Saint-Laurent Vision 2000 (SLV 2000), sous l'objectif Acquisition de connaissances cartographiques globales par le prélèvement, l'affichage et le traitement de données de télédétection. Ce projet a été initié au cours du Plan d'action Saint-Laurent (PASL).

La superficie occupée par les milieux humides est l'objet de préoccupations constantes de la part des chercheurs et des intervenants du milieu. La cartographie présentée dans les pages qui suivent met à jour les anciennes cartes sur les milieux humides du fleuve et procure une présentation uniformisée d'un grand tronçon du fleuve.

## **Management Perspective**

This document is published under the Data Integration and Access to Information Program of St. Lawrence Vision 2000 (SLV 2000), in partial fulfilment of its objective to acquire comprehensive cartographic knowledge of the St. Lawrence River through the collection, display and processing of remote sensing data. This project was initiated under the St. Lawrence Action Plan.

The surface area occupied by wetlands is a source of constant concern for researchers and stakeholders working in this environment. This latest mapping serves to update old maps of riparian wetlands and present a uniform mapping of a large section of the St. Lawrence River.

## **Remerciements**

Nous tenons à remercier le Service canadien de la faune et plus spécialement MM. Pierre Laporte et Michel Robert qui ont validé la cartographie du secteur de l'île aux Grues.

Nous désirons également témoigner notre reconnaissance à M. Jean Bachand de la Société de conservation de la baie de L'Isle-Verte pour la validation de la cartographie du secteur de L'Isle-Verte.

Enfin, nous tenons à souligner la collaboration du groupe ZIP du Centre Saint-Laurent dont les commentaires ont permis le raffinement de la cartographie de certains secteurs.

## Résumé

Les milieux humides représentent près de 10 p. 100 de la superficie du Québec. Ils constituent des endroits privilégiés pour l'établissement et la conservation d'une faune et d'une flore particulièrement diversifiées. La localisation, la caractérisation et le calcul précis de la superficie occupée par les marais et les marécages ont une grande importance pour le suivi des habitats et des espèces animales. La dernière cartographie globale des milieux humides du Saint-Laurent remonte aux travaux du Groupe Dryade (1980) sur les habitats propices aux oiseaux migrateurs. D'autres études ont aussi été effectuées dans les années 1980, mais les superficies étudiées sont trop limitées pour permettre un bilan de l'état des habitats à l'échelle fluviale. Un portrait plus récent de l'état des milieux humides était donc nécessaire pour dresser un bilan précis de la situation actuelle.

Ce projet consistait à acquérir la cartographie des différentes classes d'occupation du territoire sur le premier kilomètre de rive, incluant les eaux du fleuve. Une importance particulière a été accordée à la distinction des différents groupements de marais et marécages, ainsi qu'à une estimation adéquate des herbiers submergés.

Les résultats obtenus à l'aide du capteur aéroporté (MEIS-II) ont permis de distinguer 65 classes d'occupation, dont 46 classes de milieux humides. Ces dernières comprennent deux classes d'eau libre, deux classes d'herbier couvrant plus de 28 100 ha, 20 classes de bas marais pour plus de 17 450 ha, 16 classes de haut marais pour plus de 9500 ha et cinq classes de marécages totalisant plus de 6470 ha. Pour des raisons de logistique, seuls le territoire de Cornwall jusqu'au cap Tourmente sur la rive nord et celui partant de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François, à Dundee, jusqu'à Trois-Pistoles sur la rive sud ont été couverts par les images aéroportées MEIS-II. Les résultats montrent que la télédétection constitue un outil efficace et avantageux pour inventorier les milieux humides sur de vastes territoires.

## **Abstract**

Close to 10% of the province of Quebec is made up of wetlands. Wetlands are conducive to the establishment and maintenance of particularly diversified plant and animal life. The location, characterization and precise calculation of the area occupied by marshes and swamps are important to monitoring animal species and habitats. The last comprehensive mapping of St. Lawrence River wetlands dates back to the Dryade Group's 1980 work on migratory bird habitats. Other studies were also conducted in the 1980s, but they are too limited in scope to apply to the entire St. Lawrence River. A more recent look at St. Lawrence wetlands was therefore necessary to assess the present state of these habitats.

The objective of this project was to map the different land-use categories over a 1-km-wide riparian strip, including the water. Emphasis was placed on distinguishing between the various groupings of marshes, swamps and wet meadows, and on a sound estimate of submerged aquatic plants

Using a MEIS-II airborne sensor, we were able to discern 64 land-use categories, out of which we found 46 wetland classes. The latter include two classes in open water, two classes of aquatic plants over more than 28 100 hectares, 20 classes of low marshes covering more than 17 450 ha, 16 classes of high marshes over more than 9500 ha, and five classes of swamps over more than 6470 ha. For logistical reasons, only the area from Cornwall to Cap Tourmente, on the north shore, and from Lake Saint-Francois at Dundee up to Trois-Pistoles, on the south shore, was covered by MEIS-II images. Our results demonstrated that remote sensing is an efficient and useful tool to conduct an inventory of vast wetland areas.

# Table des matières

RÉSUMÉ	V
ABSTRACT	VI
LISTE DES FIGURES	X
LISTE DES TABLEAUX	XII
<b>1 INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>2 TERRITOIRE D'ÉTUDE</b>	<b>2</b>
<b>3 MÉTHODOLOGIE</b>	<b>6</b>
3.1 Visionnement et rehaussement des images	6
3.2 Différenciation des milieux humides et des milieux secs	6
3.3 Choix des zones d'entraînement	6
3.4 Évaluation des caractéristiques spectrales des classes de milieux humides	7
3.5 Classification des images	7
3.6 Intégration des classifications des milieux humides et secs	8
3.7 Post-filtrage des images	8
<b>4 ÉLÉMENTS DE LA LÉGENDE</b>	<b>9</b>
4.1 Hors de la zone d'étude	11
4.2 Pixels non classés	11
4.3 Substrat dénudé	11
4.4 Eau libre	11
4.5 Eau libre peu profonde	12
4.6 Eau peu profonde	12
4.6.1 Eau peu profonde à végétation submergée	13
4.6.2 Eau peu profonde à végétation flottante	13
4.7 Bas marais	13
4.7.1 Bas marais à végétation angustifoliée	14
4.7.2 Bas marais à végétation angustifoliée dense ( <i>Typha</i> sp. et <i>Scirpus</i> sp.)	14
4.7.3 Bas marais à végétation angustifoliée peu dense ( <i>Typha</i> sp. et <i>Scirpus</i> sp.)	15
4.7.4 Bas marais à <i>Typha</i> sp.	15
4.7.5 Bas marais à végétation émergente et flottante	15
4.7.6 Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> et autres plantes émergentes	15
4.7.7 Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> et à <i>Scirpus lacustris</i>	16
4.7.8 Bas marais à <i>Sagittaria</i> sp.	16
4.7.9 Bas marais submergé à <i>Schoenoplectus pungens</i>	16
4.7.10 Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i>	16

4.7.11	Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> peu dense ou à autres plantes émergentes	17
4.7.12	Bas marais à végétation robuste	17
4.7.13	Bas marais à végétation robuste et autres plantes herbacées	17
4.7.14	Bas marais à <i>Bolboschoenus fluviatilis</i>	17
4.7.15	Bas marais à <i>Typha</i> sp. et à <i>Zizania</i> sp.	18
4.7.16	Bas marais à végétation angustifoliée ( <i>Typha</i> sp. et <i>Sparganium</i> sp.)	18
4.7.17	Bas marais à végétation morte	18
4.7.18	Bas marais à <i>Spartina alterniflora</i>	18
4.7.19	Bas marais à <i>Spartina alterniflora</i> et à <i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.)	19
4.8	Haut marais	19
4.8.1	Haut marais à graminées hautes	20
4.8.2	Haut marais à graminées basses	20
4.8.3	Haut marais à <i>Taraxacum officinale</i>	20
4.8.4	Haut marais à <i>Carex</i> sp.	20
4.8.5	Haut marais à <i>Lythrum salicaria</i> ou autre végétation latifoliée	21
4.8.6	Haut marais à végétation latifoliée	21
4.8.7	Haut marais à <i>Phragmites australis</i>	21
4.8.8	Haut marais à <i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.) et à <i>Spergularia canadensis</i>	21
4.8.9	Haut marais à <i>Spartina patens</i>	21
4.8.10	Haut marais à <i>Spartina patens</i> et à <i>Bolboschoenus maritimus</i> var. <i>paludosus</i>	22
4.8.11	Haut marais à <i>Spartina patens</i> et à <i>Hierochloe odorata</i>	22
4.8.12	Haut marais à <i>Spartina patens</i> et à <i>Plantago maritima</i>	22
4.8.13	Haut marais à affectation agricole	22
4.8.14	Haut marais à <i>Spartina pectinata</i>	23
4.8.15	Haut marais salé	23
4.9	Marécage	23
4.9.1	Marécage arbustif	23
4.9.2	Marécage arboré	24
4.9.3	Marécage arboré à <i>Acer saccharinum</i>	25
4.9.4	Marécage arboré à <i>Acer rubrum</i>	25
4.9.5	Marécage arboré à <i>Larix laricina</i>	25
4.10	Tourbière en exploitation	25
4.11	Prairie sèche	26
4.12	Labours	26
4.13	Agriculture	26
4.14	Friche	26
4.15	Forêt sans espèces dominantes	27
4.16	Forêt de feuillus	27
4.17	Forêt de conifères	27
4.18	Forêt mixte	27
4.19	Plantation	27

		ix
4.20	<i>Acer rubrum</i> sur sol mal drainé	28
4.21	Sol semi-dénudé avec régénération de feuillus	28
4.22	Zone bâtie	28
4.23	Bassin de décantation	28
4.24	Nuages et ombre	28
4.25	Billes de bois	28
4.26	Carrière, sol nu en milieu urbain	29
<b>5</b>	<b>RÉSULTATS</b>	<b>30</b>
5.1	Classification du secteur d'étude Lac Saint-François	30
5.2	Classification du secteur d'étude Valleyfield-Beauharnois	34
5.3	Classification du secteur d'étude Lac Saint-Louis	36
5.4	Classification du secteur d'étude Bassins de La Prairie	39
5.5	Classification du secteur d'étude Montréal-Longueuil	41
5.6	Classification du secteur d'étude Varennes-Contrecoeur	43
5.7	Classification du secteur d'étude Lac Saint-Pierre	47
5.8	Classification du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour	49
5.9	Classification du secteur d'étude Québec-Lévis	57
5.10	Classification du secteur d'étude Estuaire moyen	61
5.11	Classification du secteur d'étude Estuaire maritime	68
<b>6</b>	<b>DISCUSSION</b>	<b>73</b>
6.1	Classification de la végétation	73
6.2	La qualité de l'eau	74
6.3	Résolution ou niveau de classification atteint pour les milieux humides	75
<b>7</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>80</b>
	<b>RÉFÉRENCES</b>	<b>81</b>
	<b>ANNEXE</b>	<b>85</b>
	Nomenclature des noms scientifiques, français et anglais des espèces végétales	87

## Liste des figures

1	Territoire cartographié	3
2	Secteurs d'étude du Programme des zones d'intervention prioritaire	4
3	Cartographie du 26 juillet 1990 des milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-François (partie ouest)	31
4	Cartographie du 26 juillet 1990 des milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-François (partie est)	32
5	Cartographie des 26 juillet et 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Valleyfield-Beauharnois	35
6	Cartographie du 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-Louis	38
7	Cartographie du 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Bassins de La Prairie	40
8	Cartographie du 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Montréal-Longueuil	42
9	Cartographie des 26 juillet et 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Varennes-Contrecoeur (partie sud)	44
10	Cartographie des 26 juillet et 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Varennes-Contrecoeur (partie nord)	45
11	Cartographie des 26 juillet et 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-Pierre	48
12	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour (partie a)	50
13	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour (partie b)	52
14	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour (partie c)	53
15	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour (partie d)	54
16	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour (partie e)	55
17	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour (partie f)	56
18	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Québec-Lévis (partie a)	58

19	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Québec-Lévis (partie b)	59
20	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Québec-Lévis (partie c)	60
21	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire moyen (partie a)	62
22	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire moyen (partie b)	63
23	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire moyen (partie c)	64
24	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire moyen (partie d)	66
25	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire moyen (partie e)	67
26	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire maritime (partie a)	69
27	Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire maritime (partie b)	70

## Liste des tableaux

1	Classes des milieux humides de Cornwall à Trois-Pistoles	9
2	Classes des milieux secs de Cornwall à Trois-Pistoles	10
3	Milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-François	33
4	Milieux humides du secteur d'étude Valleyfield-Beauharnois	36
5	Milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-Louis	37
6	Milieux humides du secteur d'étude Bassins de La Prairie	39
7	Milieux humides du secteur d'étude Montréal-Longueuil	41
8	Milieux humides du secteur d'étude Varennes-Contrecoeur	46
9	Milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-Pierre	47
10	Milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour	51
11	Milieux humides du secteur d'étude Québec-Lévis	61
12	Milieux humides du secteur d'étude Estuaire moyen	65
13	Milieux humides du secteur d'étude Estuaire maritime (tableau partiel)	71
14	Validation de terrain de la Société de conservation de la baie de L'Isle-Verte	71

# 1 Introduction

La localisation, la caractérisation et le calcul précis de la superficie occupée par les marais et les marécages sont essentiels au suivi des habitats, des espèces végétales et des espèces animales. La dernière cartographie globale des rives du fleuve remonte à celle du Groupe Dryade (1980) pour les habitats propices aux oiseaux migrateurs. D'autres études, plus locales, ont aussi été faites dans les années 1980 (Jacques, 1985; Pilon *et al.*, 1980), mais les superficies cartographiées étaient trop restreintes pour permettre un bilan de l'état des habitats à l'échelle du fleuve. Une image récente des milieux humides le long du Saint-Laurent permettrait d'établir un bilan plus précis de la situation actuelle.

Le présent document contient une cartographie des différentes classes d'occupation du territoire sur le premier kilomètre de rive de part et d'autre du Saint-Laurent, incluant les eaux du fleuve. Une attention particulière a été apportée à la distinction des divers groupements de marais et marécages ainsi qu'à une estimation adéquate des herbiers submergés. Les noms scientifiques utilisés pour désigner les plantes vasculaires sont généralement ceux cités par Marie-Victorin (1997).

La firme Aménatech, du groupe SM, a été mandatée en 1992 pour effectuer la cartographie de Cornwall à Montmagny. Celle des rives entre Montmagny et Trois-Pistoles a été faite au Centre Saint-Laurent, avec la collaboration du Service canadien de la faune et de la Société de conservation de la baie de L'Isle-Verte. Certaines modifications ont été apportées aux résultats d'Aménatech pour mieux répondre aux besoins de la section État de l'environnement du Centre Saint-Laurent. Une partie des résultats d'Aménatech a été reprise et complétée.

Ce document est une mise à jour du rapport de Létourneau et Jean (1996) en relation avec les cartographies plus récentes effectuées sur le même territoire. Afin d'harmoniser les différentes légendes, le système de classification des milieux humides du Québec a été choisi (Buteau *et al.*, 1994). Les nomenclatures « marais profond » et « marais peu profond » ont été regroupées dans la classe « bas marais », et « prairie humide » et certaines classes de marais, dans la classe « haut marais ». À ce changement s'ajoute aussi un raffinement de la cartographie à certains endroits. Ces modifications ont nécessité une révision complète des textes d'origine et des statistiques de superficie.

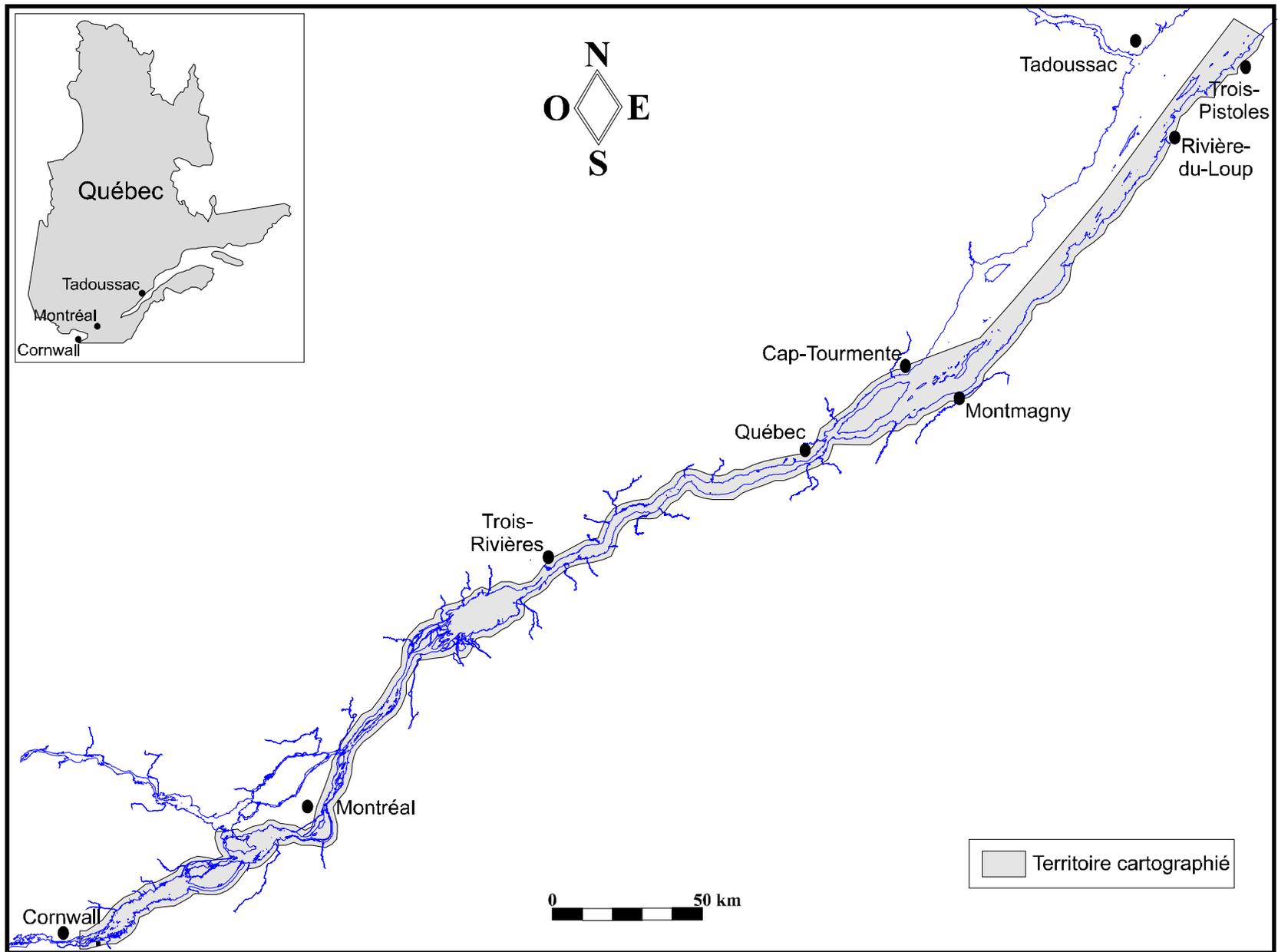
## 2 Territoire d'étude

Les cartes présentées ici couvrent le territoire de Cornwall jusqu'au cap Tourmente sur la rive nord et celui de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François, à Dundee, jusqu'à Trois-Pistoles sur la rive sud. La figure 1 présente en zone ombragée les parties du fleuve dont la cartographie a été faite. À remarquer que dans la région métropolitaine, seule la rive sud de Montréal a été traitée. La rivière des Prairies et la rivière des Mille Îles ont été exclues parce qu'elles ne sont pas associées à une zone d'intervention prioritaire (ZIP). Afin de mieux répondre aux besoins des chercheurs du Centre Saint-Laurent (CSL), nous avons adopté pour notre étude la répartition du territoire en secteurs d'étude, utilisée par le Centre, et appelée auparavant Zones d'intervention prioritaire (ZIP). Chaque secteur d'étude délimite un écosystème particulier, ou du moins, une région ayant des caractéristiques biophysiques et socio-économiques assez homogènes. La figure 2 montre le découpage du fleuve en 13 secteurs (23 ZIP à l'origine). 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 oeuvre de mesures préventives. En fait, le programme ZIP est une composante importante du Plan de prévention de la pollution des Grands Lacs et du Saint-Laurent (Plan vert du Canada). »

Certaines aires, très limitées, peuvent être absentes à cause de la présence de nuages ou d'une couverture aérienne insuffisante pour couvrir entièrement le territoire au moment de l'acquisition des images. Elles incluent la rive nord du lac Saint-François entre Cornwall et Lancaster, un secteur dans le canal de Beauharnois, le secteur de Saint-Lambert, une portion de territoire entre les îles de Contrecoeur et l'île Saint-Ours et une partie de la rive sud entre Sorel et la baie de Lavallière.



**Figure 1** Territoire cartographié

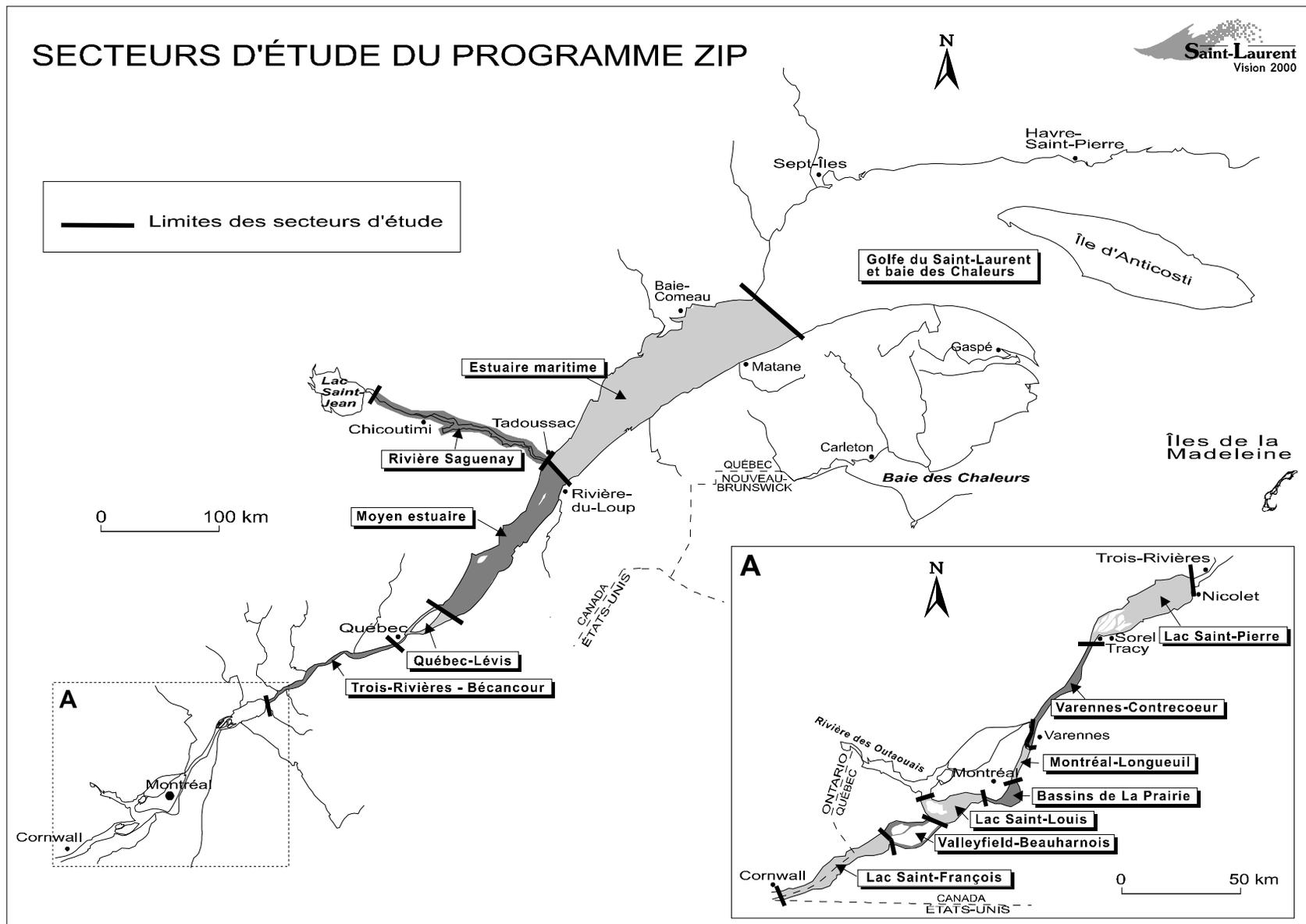


Figure 2 Secteurs d'étude du Programme des zones d'intervention prioritaire

Les données cartographiques du territoire à l'étude n'ont pas toutes été acquises la même année. Celles du 26 juillet et du 21 août 1990 couvrent la région de Cornwall à Trois-Rivières, alors que celles du 3 septembre 1991 se rapportent au territoire entre Trois-Rivières et Trois-Pistoles.

### **3 Méthodologie**

Les images MEIS-II acquises le 26 juillet et le 21 août 1990 ainsi que le 3 septembre 1991 ont servi à cartographier les milieux humides. Les bandes du proche infrarouge (1 et 3), du rouge (4) et du vert (8) ont été utilisées pour distinguer les diverses espèces végétales à l'aide d'une classification dirigée<sup>1</sup>.

Plusieurs étapes ont été préalablement réalisées avant d'atteindre cet objectif.

#### **3.1 VISIONNEMENT ET REHAUSSEMENT DES IMAGES**

Cette première étape permet à l'interprète (biologiste) d'identifier visuellement les différentes composantes d'utilisation du sol montrées par l'image en les comparant aux informations déjà récoltées au sol et de choisir le meilleur rehaussement pour contraster l'image.

#### **3.2 DIFFÉRENCIATION DES MILIEUX HUMIDES ET DES MILIEUX SECS**

Il est nécessaire d'établir une distinction entre les milieux humides et les milieux secs pour obtenir de bons résultats. Il arrive que certaines classes de milieux humides soient confondues avec des classes de milieux secs. Ce type de confusion est facile à comprendre lorsque l'on sait que certains milieux humides comme les hauts marais ont déjà été cultivés ou qu'ils ont déjà servi de pâturage. Pour éviter ce problème, il faut tenir compte de la limite d'inondation (à récurrence de 20 ans) au moment de l'interprétation de l'image.

#### **3.3 CHOIX DES ZONES D'ENTRAÎNEMENT**

L'exactitude d'une classification réside, entre autres, dans le choix des zones d'entraînement<sup>2</sup> (appelées également zones d'apprentissage ou zones d'essais). L'emploi d'un maximum de données de référence au sol ainsi que la consultation fréquente de biologistes spécialisés en écologie des milieux humides sont essentiels pour ce travail.

---

<sup>1</sup> Classification automatique dans laquelle s'effectue une répartition a posteriori de pixels connus en un certain nombre de classes (Paul *et al.*, 1982).

<sup>2</sup> Une zone d'entraînement est une portion de territoire dont les caractéristiques sont connues avec précision et qui est pourvue d'un équipement spécial, au-dessus de laquelle on effectue des missions de télédétection aérospatiale, destinées à l'étude et à la mise au point ou au contrôle des résultats de missions effectuées dans d'autres régions (Paul *et al.*, 1982).

Une sélection uniforme des sites d'entraînement sur toute l'image a permis d'obtenir des valeurs de la gamme de gris représentatives des propriétés spectrales des différents couverts végétaux. Ensuite, les valeurs non désirables ou étrangères à la classe de milieux humides choisie ont été éliminées des zones d'entraînement. L'éventail des caractéristiques des classes a été suffisamment élargi pour réduire le nombre de pixels non classés.

### **3.4 ÉVALUATION DES CARACTÉRISTIQUES SPECTRALES DES CLASSES DE MILIEUX HUMIDES**

Les caractéristiques spectrales<sup>3</sup> des classes de milieux humides ont servi à délimiter clairement chaque classe, à éviter toute confusion et à assurer la précision des zones d'entraînement. Certaines zones d'entraînement ont été réajustées au besoin afin de satisfaire aux critères des différences spectrales des classes. Les différences statistiques entre les classes ont été évaluées à l'aide d'une analyse discriminante. En général, les différences étaient suffisamment importantes pour permettre une classification correcte des classes de milieux.

### **3.5 CLASSIFICATION DES IMAGES**

Une classification dirigée employant la règle du maximum de vraisemblance (théorie Bayésienne) a été utilisée pour traiter les images de télédétection. Cette classification attribue une valeur unique de pixel, définie lors de l'évaluation des caractéristiques spectrales, à tous les pixels de l'image identifiés comme représentant d'une classe de milieux humides. Une couleur peut être associée par la suite à cette valeur de pixel pour identifier la classe selon une charte de couleurs utilisée pour la cartographie conventionnelle des milieux humides. L'évaluation de la classification se fait par une comparaison avec les données existantes (cartes et rapports) sur ce secteur. Le système de classification des milieux humides de Jacques et Hamel (1982) a servi de base à la majeure partie de la cartographie initiale de la végétation. Dans le présent rapport, les classes définies initialement ont été redéfinies dans le système de classification des milieux

---

<sup>3</sup> Ensemble des caractéristiques, dans une ou plusieurs bandes spectrales, nécessaires et suffisantes pour identifier une surface, déterminé en fonction des conditions ambiantes du milieu naturel. Note : L'emploi du terme *signature spectrale*, pour désigner la caractéristique d'une cible, n'est pas adéquat du fait que les propriétés spectrales des cibles présentes dans la scène n'ont pas l'invariance spatio-temporelle des raies spectrales des éléments chimiques simples (Paul *et al.*, 1982).

humides du Québec (Buteau *et al.*, 1994). Un résultat erroné pour une ou plusieurs classes ou bien le conflit entre deux classes peuvent exiger la modification des zones d'entraînement et une ou plusieurs reclassifications.

### **3.6 INTÉGRATION DES CLASSIFICATIONS DES MILIEUX HUMIDES ET SECS**

Une fois chaque environnement classifié selon la légende correspondante, les résultats des classifications des milieux humides et des milieux secs sont intégrés pour obtenir une carte globale des deux milieux.

### **3.7 POST-FILTRAGE DES IMAGES**

La classification est suivie d'un filtrage pour homogénéiser le produit d'intégration des classifications des milieux humides et des milieux secs. L'application d'un filtre modal (filtre de 3 × 3 pixels) permet de « nettoyer » l'information thématique. Cette opération entraîne une diminution de la variance des données dans une classe et réduit ainsi le chevauchement (confusion) entre la caractéristique spectrale de cette classe et les autres.

## 4 Éléments de la légende

La cartographie des marais, marécages et eaux peu profondes (incluant le premier kilomètre de rive) a permis d'identifier 65 classes de groupements végétaux ou d'utilisations du sol. Parmi ces dernières, 46 appartiennent aux milieux humides. Les 19 autres classes comprennent soit des classes d'utilisations du sol en milieu sec, soit des classes représentant des contraintes physiques comme les nuages ou des pixels non classés. Pour que le lecteur comprenne les différences qui existent entre les classes nous les décrirons une à une.

Les tableaux 1 et 2 montrent toutes les classes identifiées de Cornwall à Trois-Pistoles. Beaucoup de ces classes ne se retrouvent qu'en des endroits très précis du fleuve.

**Tableau 1**  
**Classes des milieux humides de Cornwall à Trois-Pistoles**

Classes de milieux humides
Substrat dénudé
Eau libre
Eau libre peu profonde
Eau peu profonde à végétation submergée
Eau peu profonde à végétation flottante
Bas marais
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 <i>Typha</i> sp.
Bas marais à végétation émergente et flottante
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 à <i>Sagittaria</i> sp.
Bas marais à <i>Spartina alterniflora</i>
Bas marais à <i>Spartina alterniflora</i> et à <i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.)
Bas marais submergé à <i>Schoenoplectus pungens</i>
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i>
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> peu dense et/ou autres plantes émergentes
Bas marais à végétation émergente robuste
Bas marais à végétation émergente robuste et autres plantes herbacées
Bas marais à <i>Bolboschoenus fluviatilis</i>
Bas marais à <i>Typha</i> sp. et à <i>Zizania</i> sp.
Bas marais à végétation angustifoliée ( <i>Typha</i> sp. et <i>Sparganium</i> sp.)
Bas marais à végétation morte

---

 Classes de milieux humides
 

---

Haut marais  
 Haut marais à graminées hautes  
 Haut marais à graminées basses  
 Haut marais à *Taraxacum officinale*  
 Haut marais à *Carex* sp.  
 Haut marais à *Lythrum salicaria* ou autre végétation latifoliée  
 Haut marais à végétation latifoliée  
 Haut marais à *Phragmites australis*  
 Haut marais à *Salicornia europaea* L. (S.L.) et à *Spergularia canadensis*  
 Haut marais à *Spartina patens*  
 Haut marais à *Spartina patens* et à *Bolboschoenus maritimus* var. *paludosus*  
 Haut marais à *Spartina patens* et à *Hierochloa odorata*  
 Haut marais à *Spartina patens* et à *Plantago maritima*  
 Haut marais à affectation agricole  
 Haut marais à *Spartina pectinata*  
 Haut marais salé

---

Marécage arbustif  
 Marécage arboré  
 Marécage arboré à *Acer saccharinum*  
 Marécage arboré à *Acer rubrum*  
 Marécage arboré à *Larix laricina*

---

Source : Marie-Victorin, F.E.C. 1997. *Flore laurentienne, 3<sup>e</sup> édition mise à jour et annotée, 1995*. Les Presses de l'Université de Montréal. Première réimpression revue et corrigée, Montréal.

**Tableau 2**  
**Classes des milieux secs de Cornwall à Trois-Pistoles**

---

Classes de milieux secs	
Hors de la zone d'étude Non classé Prairie sèche Labours Agriculture Friche Tourbière en exploitation Forêt sans espèces dominantes Forêt de feuillus Forêt de conifères	Forêt mixte Plantation <i>Acer rubrum</i> sur sol mal drainé Sol semi-dénué avec régénération de feuillus Zone bâtie Bassin de décantation Nuages et ombre Billes de bois Carrière, sol nu en milieu urbain

---

#### **4.1 HORS DE LA ZONE D'ÉTUDE**

La zone hors du kilomètre de rive est délimitée à partir de 1 km de la ligne des hautes eaux. Cette zone ne contient aucun élément et représente l'absence d'information pour un secteur qui n'est pas à l'étude.

#### **4.2 PIXELS NON CLASSÉS**

Les pixels non classés résultent habituellement d'une confusion entre les classes. L'algorithme de classification ne réussit pas à choisir dans quelle classe mettre le pixel. L'écart type de certaines signatures spectrales fait en sorte que le pixel pourrait appartenir à plusieurs classes, et l'algorithme ne réussit pas à identifier le maximum de vraisemblance du pixel associé à une seule classe. Il crée donc une classe pour ces pixels.

Les pixels non classés surviennent souvent à la limite terre-eau où le sol nu de la plage et l'eau libre peu profonde peuvent être confondus lors de la classification. Les nuages, et les ombres aux sols qu'ils créent, peuvent aussi engendrer une certaine confusion entre les classes. En couvrant les éléments au sol, ils peuvent soit les cacher complètement ou altérer leurs caractéristiques spectrales de façon telle que les pixels ne sont pas rattachés à la classe à laquelle ils appartiennent vraiment.

#### **4.3 SUBSTRAT DÉNUDÉ**

Jacques et Hamel (1982, p. 26) considèrent le substrat dénudé comme : « un ensemble d'aires dénuées de végétation ou, dans certains cas, avec une végétation couvrant moins de 25 p. 100 de leur superficie; ces aires sont souvent comprises à l'intérieur de milieux humides appartenant aux autres classes ». Ils ont aussi défini sept sous-classes de substrats : rocheux, pierreux, caillouteux, graveleux, sableux, vaseux et organiques. Cette classe apparaît souvent en cartographie comme un espace dénudé au sein de certains groupements végétaux, tels les marais, ou comme une plage de sable.

#### **4.4 EAU LIBRE**

L'eau libre est la réunion de masses d'eau libres de toute forme de végétation submergée ou émergente. La profondeur d'eau est généralement supérieure à 2 m. Une confusion entre cette classe et la classe « Eau peu profonde » est possible dans le cas d'une masse d'eau sombre comme

celle de la rivière des Outaouais ou d'une masse d'eau ayant une forte teneur en matières dissoutes comme celle de la rivière Saint-François sur la rive sud du lac Saint-Pierre.

#### 4.5 EAU LIBRE PEU PROFONDE

L'eau libre peu profonde (ne pas confondre avec Eau peu profonde) a été définie par le Groupe de travail national sur les milieux humides (1988) comme :

« ... des plans d'eau inondés en permanence ou par intermittence ou stables selon les saisons, couvrant de larges étendues d'eau stagnante ou courante et désignés par divers termes : étangs, mares, lacs peu profonds, bras morts, biefs, chenaux, ou eaux de retenue. Ces eaux sont dites peu profondes, parce que leur profondeur ne dépasse pas 2 m au milieu de l'été. »

Dans la présente étude, la classe « Eau libre peu profonde » désigne une masse d'eau libre de toute forme de végétation submergée ou émergente et dont le fond (sol nu ou substrat) peut être très bien identifié à cause de sa faible profondeur. On la trouve généralement en bordure des îles, dans le fond des baies ou encore sur les rives à faible pente. Les eaux de tributaires peuvent aussi être classées « Eau libre peu profonde » en raison de leur faible profondeur ou encore à cause de leur forte teneur en matières en suspension. Il est difficile de distinguer une masse d'eau claire couvrant un fond nu d'une masse d'eau avec une forte concentration de matières en suspension.

#### 4.6 EAU PEU PROFONDE

Synonyme d'herbier aquatique, Jacques et Hamel (1982, p. 30-31) définissent cette classe de la façon suivante :

« Cette classe se caractérise par la dominance de végétation flottante et/ou à feuilles flottantes et/ou algale et/ou de végétation submergée... Certaines plantes émergentes peuvent être présentes, mais dans ce cas, elles couvrent moins de 25 p. 100 de la superficie... Les plantes les plus caractéristiques comprennent, par exemple, les genres *Nymphaea* sp., *Nuphar* sp., *Brasenia* Schreb., *Potamogeton* sp., *Polygonum* sp., *Vallisneria* sp., *Elodea* sp., *Myriophyllum* sp., *Chara* sp.»

En ce qui a trait aux eaux peu profondes salées, Grandtner (1975) leur associe *Ruppia maritima* et *Zostera maritima*, alors que Reed et Moisan (1971) regroupent la zone à *Fucus* sp. et *Ascophyllum* sp. sous ce vocable. Dans le rapport original (Létourneau et Jean, 1996), des classes d'herbiers à algues (*Fucus* sp., *Zostera maritima* et *Laminaria* sp.) avait été identifiées. À la suite

des résultats non conformes à la réalité obtenus dans des cartographies plus récentes, ces classes ont été retirées, les auteurs préférant avoir une information manquante à une mauvaise estimation de la superficie occupée.

#### **4.6.1 Eau peu profonde à végétation submergée**

Ces milieux d'eau peu profonde se caractérisent par la présence permanente d'eau et d'espèces végétales à feuilles submergées. Bien que 27 580 ha au total aient été identifiés entre Cornwall et Québec, plus de 80 p. 100 de ces milieux se trouvent dans les trois lacs fluviaux (lac Saint-François : 5483 ha, lac Saint-Louis : 3965 ha, lac Saint-Pierre : 12 898 ha).

#### **4.6.2 Eau peu profonde à végétation flottante**

Ces milieux se caractérisent par la présence permanente d'eau et d'espèces végétales à feuilles émergentes mais flottantes. Entre Cornwall et Trois-Rivières, 470 ha ont été identifiés sur les rivières et dans les chenaux. Certaines marelles, à l'intérieur des baies au lac Saint-Pierre, sont aussi couvertes par cette végétation flottante.

### **4.7 BAS MARAIS**

Les bas marais sont des milieux humides inondés périodiquement, mais dont le substrat est saturé ou recouvert d'eau en permanence durant la majeure partie de la saison de croissance. Ils sont caractérisés par une végétation herbacée émergente composée de roseaux, de joncs ou de laïches (Jacques et Hamel, 1982; Groupe de travail national sur les milieux humides, 1988; Buteau *et al.*, 1994). Les bas marais succèdent à l'eau peu profonde et précèdent les haut marais. Dans la première version de ce rapport (Létourneau et Jean, 1996), le bas marais était subdivisé en marais profond et en marais peu profond. Afin d'harmoniser les différents jeux de données existants à l'aide d'une nomenclature unique, la terminologie bas marais a été adoptée. Les classes similaires (par exemple marais profond à *Typha* sp. et marais peu profond à *Typha* sp.) ont été regroupées afin de n'en former qu'une.

Parmi les classes identifiées, on peut distinguer celles dominées par les plantes émergentes à feuilles étroites (*Typha* sp., *Sparganium eurycarpum*, *Butomus umbellatus*, *Eleocharis palustris*, *Schoenoplectus pungens*, *Scirpus lacustris*), celles dominées par *Bolboschoenus fluviatilis* dont les caractéristiques spectrales sont influencées par son extrémité

formée d'un bouquet de bractées involucrales et celles à plantes émergentes à feuilles larges (*Sagittaria* sp., plus rarement et seulement au lac Saint-Pierre, *Pontederia cordata*).

Aménatech (1992a) a utilisé une classe appelée « Bas marais peu profond à végétation émergente », qui a été renommée ici « Bas marais ». Cette classe se trouve surtout dans la région de Trois-Rivières et de Gentilly et est constituée en majeure partie de plantes émergentes à feuilles étroites (353 ha). Une faible superficie de 40 ha a aussi été identifiée au lac Saint-Pierre.

#### **4.7.1 Bas marais à végétation angustifoliée**

Cette classe est représentée par les grands marais à *Scirpus lacustris* et à *Schoenoplectus pungens* qui ceinturent la rive sud du lac Saint-Pierre. La répartition de ces bas marais indique leur tolérance à l'exposition des vagues. Relativement homogène, un bas marais ressort bien dans la classification par sa teinte bleue caractéristique dans une image en couleur composée<sup>4</sup> infrarouge, rouge et vert.

On le retrouve aussi sur la rive nord, dans la partie à l'est des îles de Berthier-Sorel et à la sortie de la baie de Maskinongé. Dans cette baie, la composition du marais semble plus diversifiée que sur la rive sud, et il couvre, d'après la cartographie de Jacques (1985), des zones de marais à grandes plantes émergentes à feuilles étroites telles que *Scirpus lacustris*, *Typha angustifolia* et *Bolboschoenus fluviatilis* ainsi que des zones à plantes émergentes à feuilles larges (*Sagittaria* spp.). Aux îles de la Girodeau ainsi qu'à l'île de Grâce, *Scirpus lacustris* est aussi accompagné de *Typha angustifolia* et *Scirpus fluviatilis*. Les plantes forment ici de plus petites mosaïques, plus hétérogènes, que dans les grands marais de la rive sud. Elles couvrent près de 3000 ha au lac Saint-Pierre seulement.

#### **4.7.2 Bas marais à végétation angustifoliée dense (*Typha* sp. et *Scirpus* sp.)**

Cette classe existe essentiellement au lac Saint-Louis, dans les îles de la Paix pour être plus précis. On en voit aussi, sur les cartes, autour des petites îles au nord de l'île Perrot ainsi qu'au sud de l'île de Tekakwitha en aval de Châteauguay et dans l'ancien lit du fleuve à la hauteur de Melocheville. Plus de 60 ha ont été cartographiés au total.

---

<sup>4</sup> Image en couleur qui résulte de la combinaison d'images monochromes d'une même scène (Paul *et al.*, 1982).

#### **4.7.3 Bas marais à végétation angustifoliée peu dense (*Typha* sp. et *Scirpus* sp.)**

Cette classe se rencontre, comme la précédente, au lac Saint-Louis, dans les îles de la Paix. Une grande zone est aussi localisée près de l'embouchure de la rivière Châteauguay pour une superficie totale de plus de 10 ha.

#### **4.7.4 Bas marais à *Typha* sp.**

On trouve la classe du bas marais à *Typha* sp. au lac Saint-François, entre les îles de Boucherville, dans la région de Varennes-Contrecoeur, et au lac Saint-Pierre. Au lac Saint-François, où plus de 330 ha ont été cartographiés, ce type de marais se rencontre surtout dans les îles et sur la rive sud près du secteur de Cornwall-Dundee. Environ 144 ha ont été cartographiés dans les îles de Boucherville. À Contrecoeur et le long de l'île de Verchères, il y en a un peu plus de 200 ha, alors qu'au lac Saint-Pierre, il y en a plus de 700 ha. Le bas marais à *Typha* sp. occupe une superficie de près de 450 ha dans la baie Saint-François, quelques zones d'importance à l'extrémité des îles de la Girodeau ainsi que sur l'île du Moine et aussi près de 250 ha dans le fond de la baie de Lavallière.

#### **4.7.5 Bas marais à végétation émergente et flottante**

On ne trouve cette classe qu'au lac Saint-Pierre où il y en a un peu plus de 385 ha. La grande majorité se trouve dans la baie Saint-François. Cette classe, bien que spectralement différente de la classe « Bas marais à végétation émergente à feuilles étroites », peut être aussi associée à *Schoenoplectus pungens* et à *Scirpus lacustris*.

#### **4.7.6 Bas marais à *Schoenoplectus pungens* et autres plantes émergentes**

Cette classe comprend les groupements de *Schoenoplectus pungens* avec des plantes émergentes non identifiées (groupement hétérogène). On la retrouve entre Trois-Rivières et le cap Tourmente. D'après les cartes, on estime à plus de 1477 ha la superficie de cette classe dans le secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour, à plus de 722 ha dans le secteur d'étude Québec-Lévis et à plus de 266 ha dans le secteur d'étude Estuaire moyen. Dans la région de Québec, Aménatech (1992a) a abandonné les désignations marais « profond » et « peu profond » en raison du régime marégraphique et afin de tenir compte davantage de la grande variété de plantes au sein d'une même entité toujours dominée par *Schoenoplectus pungens*. Aménatech (1992a)

suppose que les autres plantes émergentes sont les espèces décrites par Doran (1981), comme *Zizania aquatica* var. *brevis*, *Sagittaria latifolia*, *Sagittaria cuneata* et *Eleocharis erythropoda*.

#### **4.7.7 Bas marais à *Schoenoplectus pungens* et à *Scirpus lacustris***

*Scirpus lacustris*, très présent au lac Saint-Pierre, se mélange à *Schoenoplectus pungens*. *Eleocharis palustris* peut également être confondue au sein de cette classe. On rencontre ce type de marais surtout dans la région de Trois-Rivières, où il couvre un peu plus de 330 ha.

#### **4.7.8 Bas marais à *Sagittaria* sp.**

Le bas marais à *Sagittaria* sp. se trouve au lac Saint-Louis sur près de 115 ha, dans les îles de Contrecoeur sur un peu moins de 75 ha et au lac Saint-Pierre, où 900 ha sont répartis entre la baie Saint-François et la baie de Maskinongé en passant par le fond des baies des îles de la Girodeau. Une vingtaine d'hectares se trouvent aussi dans le secteur de Trois-Rivières.

#### **4.7.9 Bas marais submergé à *Schoenoplectus pungens***

Cette classe a la particularité de ne comporter que des plantes totalement submergées par la marée haute. Elle est établie surtout dans les régions où la profondeur est plus grande à marée haute entre Portneuf et Saint-Nicolas. On estime qu'elle couvre près de 500 ha dans ce secteur et 70 ha dans le secteur de Québec.

#### **4.7.10 Bas marais à *Schoenoplectus pungens***

Le groupement de marais à *Schoenoplectus pungens* se rencontre en eaux douces à partir de Pointe-du-Lac et Nicolet jusqu'en eaux saumâtres, à l'extrémité est de l'île d'Orléans, incluant le cap Tourmente sur la rive nord et Saint-Michel-de-Bellechasse sur la rive sud. Il est remplacé à la hauteur de Saint-Roch-des-Aulnaies par *Spartina alterniflora* et *Spartina patens*. Cette classe est en compétition avec les autres classes de *Schoenoplectus pungens*, et les statistiques de superficie devraient être compilées en un tout plutôt que séparément. Néanmoins, on en retrouve 64 ha au lac Saint-Pierre, 368 ha dans l'estuaire fluvial, 194 ha dans le secteur de Québec et 2040 ha dans l'estuaire moyen.

#### **4.7.11 Bas marais à *Schoenoplectus pungens* peu dense ou à autres plantes émergentes**

Cette classe se distingue de la précédente par une densité plus faible du couvert végétal et s'étend sur une superficie de 710 ha répartie tout le long de la rive de la côte de Beaupré et de l'île d'Orléans.

#### **4.7.12 Bas marais à végétation robuste**

Ce type de marais s'étend sur près de 24 ha aux îles de Boucherville. Sa description, bien que plus locale, reflète celle réalisée pour la classe suivante.

#### **4.7.13 Bas marais à végétation robuste et autres plantes herbacées**

Cette classe existe à l'île Saint-Ours, en aval des îles de Contrecoeur, où elle couvre environ 10 ha. La faible radiométrie des images de cette partie du fleuve n'a pas permis une identification plus poussée des espèces végétales. De plus, au lac Saint-Pierre, certaines zones de ce bas marais se distinguent des classes précédentes et semblent associées à l'absence de *Scirpus lacustris* et de *Schoenoplectus pungens* et à une plus forte dominance des plantes émergentes robustes comme le *Typha* sp. à l'île de Grâce et dans la baie Saint-François, ou à des plantes à feuilles larges comme *Sagittaria* sp., à la sortie de cette même baie ou dans des milieux moins exposés, tels la rive sud ou le fond de la baie de Maskinongé, et dans le secteur des îles de la Girodeau. Ces marais possédant une plus grande diversité d'espèces végétales que ceux à *Scirpus lacustris*, il est difficile de discerner les nombreuses mosaïques de tailles variées qui composent la végétation. Par conséquent, ces unités auront tendance à se regrouper au moment de la classification, rendant difficile l'association d'un groupement particulier d'espèces à cette catégorie, contrairement au marais à plantes émergentes à feuilles étroites, d'aspect plus homogène. Plus de 1100 ha de ces milieux hétérogènes se trouvent au lac Saint-Pierre et dans les baies avoisinantes.

#### **4.7.14 Bas marais à *Bolboschoenus fluviatilis***

On trouve le bas marais à *Bolboschoenus fluviatilis* au lac Saint-Louis dans les îles de la Paix (22 ha), dans les îles de Boucherville (32 ha), dans les îles de Contrecoeur (150 ha), et au lac Saint-Pierre dans le fond de la baie Saint-François et la baie de Lavallière (2070 ha).

#### 4.7.15 Bas marais à *Typha* sp. et à *Zizania* sp.

Cette classe ne se trouve qu'au lac Saint-Pierre, à l'abri de la Longue Pointe. Près de 160 ha ont été cartographiés dans ce secteur seulement.

#### 4.7.16 Bas marais à végétation angustifoliée (*Typha* sp. et *Sparganium* sp.)

Cette classe n'a été identifiée, sur nos cartes, qu'au lac Saint-Louis dans les îles de la Paix et aussi dans la région de Châteauguay, où on en dénombre plus de 240 ha.

#### 4.7.17 Bas marais à végétation morte

Dans le secteur de la baie de Lavallière, une classe de « Bas marais à végétation morte » a été créée. Ce secteur ressort comme une classe de sol nu où il y a peu de végétation. Des interventions anthropiques postérieures aux documents de référence (Jacques, 1986) seraient possiblement à l'origine de ces changements. Dans la cartographie de Dryade (Dryade, 1980), ce secteur hébergeait un marécage. Une superficie de plus de 240 ha semble avoir été perturbée le long de cette baie.

#### 4.7.18 Bas marais à *Spartina alterniflora*

Buteau *et al.* (1994) définissent le bas marais salé comme suit :

« Dans le système marégraphique, les marais salés sont soumis à des temps d'inondation passablement variables selon la position topographique où ils se développent. Les communautés inondées quotidiennement forment le bas marais, alors que l'ensemble des autres formations compose le haut marais. La formation à *Spartina alterniflora* est typique du bas marais, alors que les communautés à *Spartina patens*, à *Juncus arcticus* var. *balticus* ou à *Carex* sp. caractérisent le haut marais. »

Jacques et Hamel (1982, p. 38) décrivent de leur côté cette classe comme suit :

« Ce milieu est presque exclusivement colonisé par *Spartina alterniflora*, puisque souvent, aucune autre espèce ne réussit à la concurrencer (Blouin et Grandtner, 1971). Elle est accompagnée parfois de certaines fucacées (*Fucus vesiculosus*, *Fucus edentatus*, *Ascophyllum nodosum*) (Cantin, 1974), de *Zostera marina* (Reed et Moisan, 1971). La zone à *Spartina alterniflora* est soumise à un gradient d'immersion qui varie de 100 à 9 p. 100 du temps, à cause de la variation altitudinale, et parcourue d'une série de canaux et de mares plus ou moins interreliés (Gauthier *et al.*, 1980). »

Le bas marais à *Spartina alterniflora* débute à Saint-Roch-des-Aulnaies et remplace le bas marais à *Schoenoplectus pungens*. Plus de 1050 ha ont été cartographiés dans l'estuaire moyen, et un peu moins de 640 ha, dans le secteur de L'Isle-Verte et de Trois-Pistoles.

#### **4.7.19 Bas marais à *Spartina alterniflora* et à *Salicornia europaea* L. (S.L.)**

Selon la cartographie de Garneau (1984), il y aurait une bande de transition entre le marais à *Spartina alterniflora* et le marais à *Spartina patens* entre Cacouna et la pointe à la Loupe en aval de l'Isle-Verte. Le mélange de ces deux espèces se distingue bien de *Spartina alterniflora* et de *Spartina patens* sur les images de télédétection. Plus de 200 ha ont été identifiés sur les images aéroportées.

### **4.8 HAUT MARAIS**

Le haut marais se caractérise par une couverture herbacée fermée, souvent de type graminéoïde (dans ce cas, le vocable prairie humide est utilisé), avec peu ou pas d'ouvertures remplies d'eau (Jacques et Hamel, 1982). Il succède en général au bas marais en remontant dans la zone riveraine et précède le marécage arbustif. La végétation dominante est composée surtout de graminées, généralement moins hautes que les grandes plantes émergentes des classes précédentes (bas marais). Quatre espèces principales dominent au lac Saint-Pierre : *Phalaris arundinacea*, *Calamagrostis canadensis*, *Spartina pectinata* et *Lythrum salicaria* (Jacques, 1986). Des arbustes ou des arbres peuvent apparaître, disséminés dans le haut marais. Bien que la profondeur de l'eau puisse y atteindre 15 cm à l'automne et au printemps (jusqu'à 30 cm les années de hautes crues), durant la saison de croissance, le substrat est saturé d'eau, et la surface, exondée.

Les hauts marais peuvent servir de pâturages aux éleveurs de bovins. La distinction entre les hauts marais et les champs agricoles s'obtient seulement par une séparation des milieux secs et des milieux humides avant de procéder à la classification.

La classe « Haut marais » a aussi été utilisée comme classe générale dans certains secteurs : au lac Saint-François (11 ha), à Varennes-Contrecoeur (45 ha), dans la région de Québec (40 ha), et dans l'estuaire moyen (58 ha).

#### 4.8.1 Haut marais à graminées hautes

Le haut marais à graminées hautes est le plus abondant dans le couloir fluvial et l'estuaire fluvial. Aménatech (1992b, p. 37) signale à ce sujet :

« Au lac Saint-Louis, au lac Saint-Pierre et dans le couloir fluvial, *Phalaris arundinacea*, *Calamagrostis canadensis* et *Spartina pectinata* qui dominent leur couvert ne peuvent être distinguées entre eux... Au lac Saint-Pierre, une espèce latifoliée, *Lythrum salicaria*, se retrouve parfois très abondante dans la prairie haute... »

La première identification de cette classe débute au lac Saint-Louis, avec 57 ha, et se poursuit dans les secteurs d'étude Montréal-Longueuil, avec 133 ha, Varennes-Contrecoeur, avec 380 ha, Lac Saint-Pierre, avec 3384 ha, Trois-Rivières-Bécancour, avec 171 ha, Québec-Lévis, avec 110 ha, et Estuaire moyen, avec 100 ha.

#### 4.8.2 Haut marais à graminées basses

Les graminées basses sont surtout présentes dans les îles de Boucherville (15 ha) et de Verchères-Contrecoeur (135 ha). Aménatech (1992b, p. 37) indique :

« Les prairies basses, bien qu'à prédominance de graminées (*Agrostis stolonifera*, *Agropyron repens*, *Poa pratensis*, ...) ont généralement une plus grande diversité d'espèces que les prairies hautes. Elles sont rares sur l'ensemble du territoire cartographié. »

#### 4.8.3 Haut marais à *Taraxacum officinale*

Quelques groupements ont été identifiés par Aménatech (1992b) dans le secteur des îles de Verchères et de Contrecoeur où il y en a un peu plus de 20 ha. Cette classe apparaît sous le nom de Prairie humide à *Taraxacum* dans le rapport d'Aménatech (1992b). Aucune indication n'est donnée pour expliquer pourquoi *Taraxacum* a été associé comme espèce dominante d'un haut marais.

#### 4.8.4 Haut marais à *Carex* sp.

Aménatech (1992b, p. 37) mentionne qu'au lac Saint-François, ce sont *Carex aquatilis* et *Carex lacustris* qui occupent ce type de milieu (1326 ha). Dans le bas du fleuve, Jacques et Hamel (1982, p. 42) rapportent à ce sujet : « Cette zone succède souvent à la précédente (Haut marais salé à *Spartina patens*) en direction des terres. La strate dominante est représentée par

*Carex paleacea*... ». *Carex* sp. pousse essentiellement dans la zone aménagée du port de Cacouna (38 ha), mais on en retrouve aussi plus loin que L'Isle-Verte (21 ha).

#### **4.8.5 Haut marais à *Lythrum salicaria* ou autre végétation latifoliée**

Aménatech (1992b) a localisé cette classe au lac Saint-Louis seulement. Elle se trouve dans les îles de la Paix et dans les milieux humides de la région de Châteauguay, avec une superficie de près de 37 ha.

#### **4.8.6 Haut marais à végétation latifoliée**

Le raffinement des résultats a fait descendre la superficie de cette classe à moins de 1 ha. Elle est localisée à la pointe amont de l'île Sainte-Thérèse.

#### **4.8.7 Haut marais à *Phragmites australis***

*Phragmites australis* se rencontre en bordure du canal de Beauharnois. Sa présence marquée à cet endroit a permis d'identifier l'espèce (894 ha).

#### **4.8.8 Haut marais à *Salicornia europaea* L. (S.L.) et à *Spergularia canadensis***

Jacques et Hamel (1982) indiquent que *Salicornia europaea* L. (S.L.) peut dominer dans les baies peu profondes et très salées. Selon Blouin et Grandtner (1971) une des espèces que l'on peut rencontrer avec *Salicornia europaea* L. (S.L.) est *Spergularia canadensis*. Ces deux espèces forment un groupement que l'on trouve le long de la rive entre L'Isle-Verte et la pointe à la Loupe sur les cartes de Garneau (1984) et que nous identifions aisément sur les images de télédétection (75 ha).

#### **4.8.9 Haut marais à *Spartina patens***

Jacques et Hamel (1982, p. 36) indiquent que « la seconde zone est, par exemple, la zone à *Spartina patens* qui, dans les marais étudiés par Gauvin (*loc. cit.*), se situe entre les laisses des hautes marées quotidiennes et les laisses des grandes marées ». Cette même classe a été identifiée par Dryade (1980) le long de la rive entre Kamouraska et Trois-Pistoles, présence confirmée par Garneau (1984) entre Cacouna et la pointe à la Loupe. Environ 458 ha ont été cartographiés entre Cacouna et Trois-Pistoles.

#### **4.8.10 Haut marais à *Spartina patens* et à *Bolboschoenus maritimus* var. *paludosus***

Cette classe est surtout localisée dans le secteur de L'Isle-Verte et de la pointe à la Loupe, où de minces bandes sont identifiées entre les groupements de *Spartina patens* et ceux de *Spartina patens* et d'*Hierochloe odorata*. Certains regroupements ressortent aussi dans la baie de Cacouna. Sur les cartes de télédétection, cette classe apparaît principalement dans le secteur de L'Isle-Verte, à l'embouchure de la rivière Verte. On en retrouve environ 125 ha dans ce secteur.

#### **4.8.11 Haut marais à *Spartina patens* et à *Hierochloe odorata***

Ce groupement se retrouve dans le secteur de L'Isle-Verte entre l'île Ronde et l'embouchure de la rivière Verte et côtoie *Spartina pectinata* sur une superficie d'environ 55 ha. Cette classe se distinguait facilement des autres par sa couleur particulière et correspond bien à la cartographie de Garneau (1984).

#### **4.8.12 Haut marais à *Spartina patens* et à *Plantago maritima***

D'après les cartes de Garneau (1984), *Plantago maritima* est très présent dans le fond de la baie de Cacouna. Il s'en retrouve, toutefois, un peu partout entre Cacouna et la pointe à la Loupe. Dans le secteur de L'Isle-Verte, il côtoie la classe « *Spartina patens* et *Bolboschoenus maritimus* var. *paludosus* ». Pour la cartographie par télédétection, une classe a été créée regroupant *Spartina patens* et *Plantago maritima*. L'impossibilité de distinguer nettement ces deux classes a obligé ce regroupement. Visuellement, la présence de *Plantago maritima* et de *Spartina patens* se distinguait des groupements avoisinants. Cette classe se rencontre en abondance dans la baie de Cacouna (environ 29 ha), pour un grand total de 65 ha.

#### **4.8.13 Haut marais à affectation agricole**

Cette classe a été créée pour les besoins spécifiques de l'île aux Grues, où de nombreuses prairies humides sont utilisées à des fins agricoles (894 ha). Cette classe apparaît aussi dans d'autres secteurs plus en aval tels que Cacouna (2 ha). Une partie de l'aménagement du port de Cacouna semblait ne correspondre ni aux milieux humides, ni aux milieux secs. Cette zone, qui semble vraiment être du haut marais, n'a pu être regroupée dans les deux autres classes de hauts marais.

#### 4.8.14 Haut marais à *Spartina pectinata*

Cette classe se retrouve en majeure partie dans l'anse de L'Isle-Verte (55 ha). Quelques groupements ont été identifiés dans le port de Cacouna (10 ha). Ces groupements devraient être considérés comme du *Carex* sp. Il se peut que les conditions d'immersion de certaines petites zones aient modifié la réponse spectrale de *Carex* sp. de façon qu'on l'ait confondue avec celle de *Spartina pectinata*.

#### 4.8.15 Haut marais salé

Jacques et Hamel (1982, p. 42) signalent au sujet de l'herbaciaie salée (haut marais salé) :  
 « Cantin (1974) a identifié une zone à *Hordeum jubatum* représentative de l'herbaciaie salée des marais de la région de Kamouraska. Cette herbaciaie salée est adjacente à la zone à *Spartina patens*. *Carex paleacea*, *Bolboschoenus maritimus* var. *paludosus*, *Spartina pectinata*, *Atriplex prostrata* et *Glaux maritima* figurent parmi les plantes qui accompagnent *Hordeum jubatum* dans l'herbaciaie salée. »

Cette classe apparaît le long du secteur d'étude Estuaire moyen (721 ha) et se poursuit dans le secteur d'étude Estuaire maritime (60 ha) jusqu'à Trois-Pistoles.

### 4.9 MARÉCAGE

Le marécage est un milieu humide dominé par une végétation ligneuse, arborescente ou arbustive, dont l'eau est stagnante ou s'écoule lentement selon les saisons ou pendant de longues périodes (Buteau *et al.*, 1994).

#### 4.9.1 Marécage arbustif

Le marécage arbustif est dominé par les arbustes qui représentent plus de 25 p. 100 du recouvrement; des herbacées émergentes de marais peuvent occuper les ouvertures (Jacques et Hamel, 1982). Au lac Saint-Pierre, les espèces dominantes appartenant à cette classe sont *Salix* sp. et *Alnus incana* ssp. *rugosa* (Jacques, 1986). Aucune distinction à l'espèce n'a été faite dans la classification, et toutes les espèces sont regroupées dans une classe de marécage arbustif. Le marécage arbustif peu dense peut être confondu avec le haut marais sur les cartes.

Une grande superficie a été localisée au lac Saint-François (481 ha) dont la majorité se trouve dans la réserve nationale de faune. Environ 58 ha ont été identifiés au lac Saint-Louis dans les îles de la Paix et à l'île Saint-Bernard. Les îles de Boucherville présentent aussi une faible

superficie de ce marécage, avec un peu plus de 38 ha. Près des îles de Contrecoeur, une faible superficie de 12 ha côtoie un marécage arboré à l'île Saint-Ours. Le lac Saint-Pierre présente la plus grande concentration de marécage arbustif (903 ha) et aussi la plus grande répartition. Ce type de milieu se rencontre le long des rives du lac, mais surtout dans les baies Lavallière et Saint-François et sur les différentes îles à caractère moins agricole de l'archipel Berthier-Sorel. Dans l'estuaire fluvial, une faible superficie de 43 ha se trouve près de Nicolet et de la frontière avec le secteur d'étude Lac Saint-Pierre. Dans le secteur d'étude Québec-Lévis, le marécage arbustif longe la côte de Beaupré et la rive nord de l'île d'Orléans et côtoie le marécage arboré sur une superficie de 174 ha. La seule présence identifiée dans le secteur d'étude Estuaire moyen occupe le haut du gradient de la batture du cap Tourmente (56 ha).

#### 4.9.2 Marécage arboré

Le marécage arboré est dominé par les espèces arborescentes dont la couverture est supérieure à 25 p. 100. La végétation y forme donc une forêt plus ou moins dense de feuillus ou de conifères de grande taille (Jacques et Hamel, 1982; Groupe de travail national sur les terres humides, 1988).

Le marécage à *Acer saccharinum* caractérise la plaine inondable du lac Saint-Pierre (Jacques, 1986). Nous n'avons pu distinguer qu'une seule catégorie de marécage arboré dans la classification des images de télédétection. Nous avons donc préféré conserver la classe « Marécage arboré » plutôt que de créer une nouvelle classe « Marécage arboré à *Acer saccharinum* ».

Aménatech (1992a, p. 29) décrit les espèces trouvées dans les marécages entre Trois-Rivières et Montmagny :

« On sait toutefois que la dominance d'*Acer saccharinum* caractérise les rares secteurs où le marécage arboré est bien développé comme à Bécancour et à Gentilly. Vers l'est, la nature des rives crée des conditions qui favorisent généralement d'autres espèces comme *Fraxinus americana*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Populus deltoides* et *Ulmus americana*. *Salix nigra* et *Salix fragilis* forment souvent une frange discontinue à la bordure de l'eau. »

La distinction entre le marécage arboré et une forêt se fait, comme dans le cas du haut marais, en séparant les milieux secs des milieux humides avant d'effectuer la classification; une confusion entre ces deux classes demeure donc probable. Sur le terrain, il est possible de

distinguer ces deux classes par l'examen des espèces herbacées sous les arbres. Il est également possible, lors de la classification, de le confondre avec le marécage arbustif à forte densité.

Cette classe a été utilisée d'une façon générique et ne regroupe pas les autres classes de marécage arboré identifiées. Bien que 38 ha de marécage arboré aient été identifiés au lac Saint-François, d'autres types de marécage arboré en occupent 435 ha. Dans les îles de Boucherville, seulement 17 ha sont apparus. Sur les îles de Verchères et de Saint-Ours, 54 ha côtoient le haut marais. Tout le marécage arboré au lac Saint-Pierre a été regroupé dans cette classe pour une superficie totale de 3096 ha. Dans l'estuaire fluvial (703 ha), ce milieu se trouve en majeure partie entre Nicolet et Portneuf. Pour la région de Québec, les marécages arborés (141 ha) côtoient les marécages arbustifs le long de la côte de Beaupré et de la rive nord de l'île d'Orléans. Dans le secteur d'étude Estuaire moyen, ce type de milieu se rencontre uniquement au cap Tourmente, avec 29 ha.

#### **4.9.3 Marécage arboré à *Acer saccharinum***

Cette classe a été identifiée comme dominante au lac Saint-Louis, et tout le marécage arboré y a été regroupé. L'île Saint-Bernard et Kanawake hébergent la majorité des 188 ha.

#### **4.9.4 Marécage arboré à *Acer rubrum***

Cette classe de marécage est devenue nécessaire pour bien distinguer ce groupement du marécage arboré à *Larix laricina* qui le côtoie dans la Réserve nationale de faune du lac Saint-François, à Dundee, sur la rive sud du lac Saint-François, pour une superficie totale de 322 ha.

#### **4.9.5 Marécage arboré à *Larix laricina***

Cette classe de marécage est devenue nécessaire pour bien distinguer ce groupement du marécage arboré à *Acer rubrum* qui le borde dans la Réserve nationale de faune du lac Saint-François sur une superficie de 113 ha.

### **4.10 TOURBIÈRE EN EXPLOITATION**

Certaines tourbières ont été identifiées dans la région de Rivière-du-Loup et de L'Isle-Verte. La teinte et la forme que prenaient les terrains exploités se distinguaient bien des éléments

avoisinants. Malheureusement, une fois éliminée l'information qui dépasse le premier kilomètre de rive, il n'en reste plus que 34 ha.

#### **4.11 PRAIRIE SÈCHE**

La classe « Haut marais à graminées hautes » apparaissait sur toutes les îles et était dominante dans la cartographie effectuée par Aménatech (1992b). Certaines modifications ont été apportées à cette classe par le Centre Saint-Laurent à l'aide des informations contenues dans le rapport de Pilon *et al.* (1980). Ces modifications ont consisté à ajouter la classe « Prairie sèche », qui a été obtenue en masquant les parties des présumés hauts marais qui étaient hors de la zone inondable. Il n'y a pas eu de classification proprement dite pour obtenir cette nouvelle classe, seulement l'application d'un masque représentant les zones de prairies sèches. Les zones les plus touchées sont le groupe d'îles en aval de l'île Sainte-Thérèse et l'île de Verchères.

#### **4.12 LABOURS**

Les champs en labour apparaissent en général comme du sol nu ou encore comme une surface de végétation très courte à travers laquelle le sol est visible. Il arrive qu'il y ait confusion entre cette classe et la classe « Agriculture » ou « Zone bâtie ».

#### **4.13 AGRICULTURE**

Les champs de fourrage et de pâturage se distinguent bien par leur teinte uniforme et se délimitent facilement par leur aspect physique. Bien qu'il soit possible de distinguer plusieurs types de cultures, le manque d'information ne nous permet pas de séparer des cultures de foin de celles d'avoine. Selon la période durant l'été où l'acquisition des images a été faite, il peut arriver qu'il y ait une certaine confusion entre la classe « Agriculture » et la classe « Labours » ou encore la classe « Friche ».

#### **4.14 FRICHE**

Les champs en friche présentent en général une surface moins uniforme que les champs de fourrage et de pâturage. Il y a moins de champs en friche que de champs de fourrage et de pâturage ou de champs labourés.

#### **4.15 FORÊT SANS ESPÈCES DOMINANTES**

Cette classe représente la forêt présente sur les îles qui n'a pas d'identification précise sur les cartes écoforestières du ministère des Forêts du gouvernement du Québec. Nous pouvons donc retrouver des essences de feuillus ou de résineux. Cette classe apparaît sur les îles du tronçon Kamouraska–Trois-Pistoles.

#### **4.16 FORÊT DE FEUILLUS**

Les forêts de feuillus sont dominantes sur les rives du fleuve Saint-Laurent. Aménatech (1992a, 1992b) n'a identifié que ce type de forêt pour tout le secteur de Cornwall à Montmagny. Les marécages arborés sont aussi occupés par des feuillus (*Acer saccharinum*, *Acer rubrum*). Il y en a également entre Montmagny et Trois-Pistoles. Les forêts de conifères y sont toutefois plus abondantes.

#### **4.17 FORÊT DE CONIFÈRES**

Les forêts de conifères se distinguent très facilement des forêts de feuillus par leur teinte particulière. Cette classe s'étend surtout en aval de Montmagny jusqu'à Trois-Pistoles. Les cartes écoforestières du ministère des Forêts du gouvernement du Québec ont facilité la distinction entre les conifères et les feuillus. Nous n'avons pas cherché à identifier les essences.

#### **4.18 FORÊT MIXTE**

Les forêts mixtes se distinguent facilement des forêts de feuillus ou de conifères par leur teinte particulière. Cette classe est établie surtout en aval de Montmagny jusqu'à Trois-Pistoles. Les cartes écoforestières du ministère des Forêts du gouvernement du Québec nous ont aidés à différencier ces forêts des feuillus et des conifères.

#### **4.19 PLANTATION**

Une plantation d'arbres (probablement de conifères) a été identifiée par Aménatech (1992a) sur la rive sud, à la hauteur de l'embouchure de la rivière Saint-Maurice. Cette plantation présente une superficie d'environ 36 ha.

#### **4.20 ACER RUBRUM SUR SOL MAL DRAINÉ**

La grande majorité d'*Acer rubrum* sur sol mal drainé a été identifiée le long du canal de Beauharnois par Aménatech (1992b). Il ne semble pas y avoir de différence avec la classe « Marécage arboré à *Acer rubrum* ». Aménatech (1992b) a pourtant fait une distinction entre les deux classes.

#### **4.21 SOL SEMI-DÉNUDÉ AVEC RÉGÉNÉRATION DE FEUILLUS**

Cette classe provient aussi des cartes écoforestières du ministère des Forêts du gouvernement du Québec. On la retrouve surtout entre La Pocatière et Rivière-du-Loup parmi les forêts.

#### **4.22 ZONE BÂTIE**

La classe « Zone bâtie » peut comprendre, en plus des espaces urbains (où le béton est prédominant), les routes, les champs labourés (où le signal très clair du sol nu peut se confondre avec celui des espaces urbains), les remblais ou les ponts.

#### **4.23 BASSIN DE DÉCANTATION**

Cette classe a été créée pour représenter les bassins de décantation qui ont été aménagés le long du canal de Beauharnois. Ces bassins peu profonds émettaient une réponse spectrale différente des autres masses d'eau et pouvaient ainsi être cartographiés.

#### **4.24 NUAGES ET OMBRE**

La présence de nuages et d'ombres constitue en soi un inconvénient majeur pour la télédétection. L'impossibilité d'étudier le territoire que les nuages cachent ainsi que la faible qualité radiométrique que ce voile atmosphérique donne aux images enlèvent un degré de précision dans l'effort de classification qui est fait.

#### **4.25 BILLES DE BOIS**

Cette classe a été créée pour représenter le bois flottant à la sortie ouest de la rivière Saint-Maurice (Trois-Rivières).

#### **4.26 CARRIÈRE, SOL NU EN MILIEU URBAIN**

Cette classe a été créée pour une identification très localisée, parce que les 11 ha cartographiés sont à proximité des municipalités de Portneuf et de Jacques-Cartier. Aménatech (1992a) n'a fourni aucune raison pour la création de cette classe.

## 5 Résultats

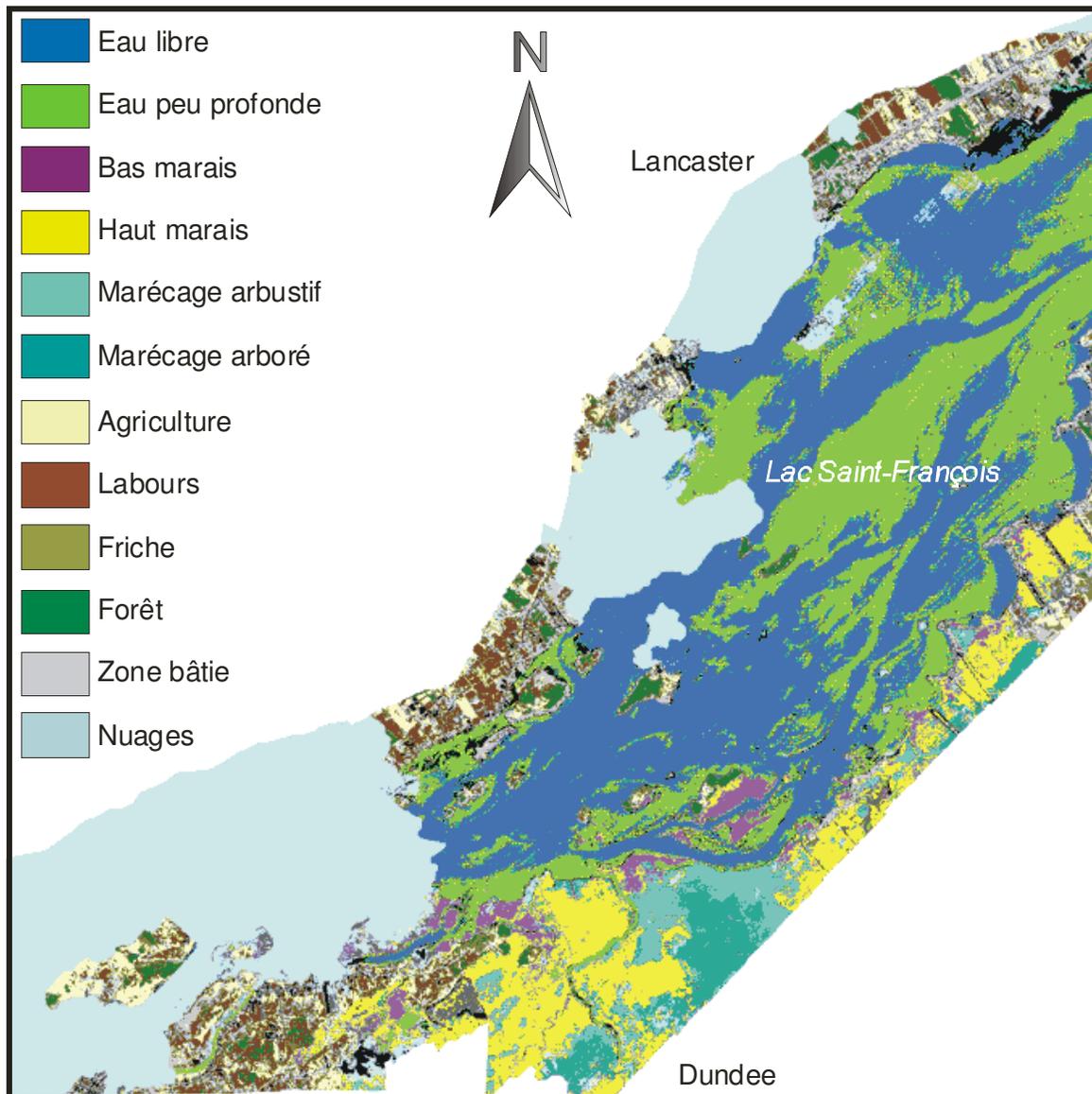
Après la cartographie du premier kilomètre de rive entre Cornwall et Trois-Pistoles, un regroupement de classes a été fait pour les figures présentées dans ce chapitre afin de permettre une meilleure visualisation des caractéristiques végétales de chaque région à petite échelle. Les tableaux qui suivent les figures présentent le maximum de classes de milieux humides obtenues par région ainsi que leur superficie en hectares. Le calcul de ces superficies a été fait en tenant compte des limites des zones d'intervention prioritaire et diffère donc des données présentées dans les rapports cités en référence qui présentent les statistiques par fichier traité.

Une synthèse des superficies calculées permet de voir que de Cornwall à Trois-Pistoles, il y a environ 28 141 ha d'eaux peu profondes, 17 468 ha de bas marais, 9507 ha de hauts marais et 6470 ha de marécages.

### 5.1 CLASSIFICATION DU SECTEUR D'ÉTUDE LAC SAINT-FRANÇOIS

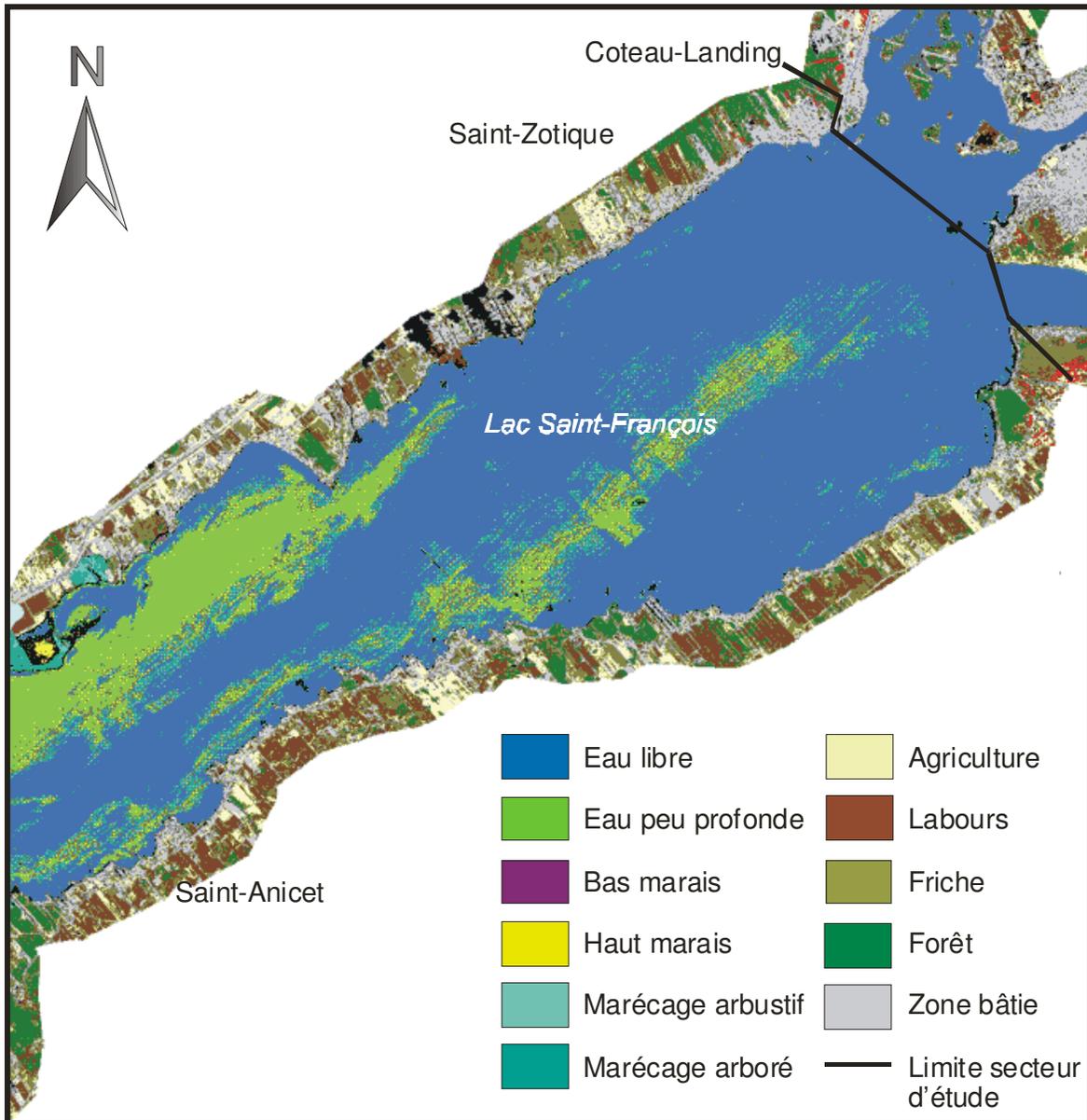
La figure 3 montre la répartition des différentes classes de milieux humides dans la partie amont du secteur d'étude, très dominantes sur la rive sud du lac. La figure 4, au contraire, indique que dans la partie aval du lac, les milieux humides ont préféré la rive nord. Un couvert nuageux, lors de l'acquisition d'images de télédétection le 26 juillet 1990, masquait la rive nord du lac, soit 30 p. 100 du territoire ou 5400 ha.

Malgré la présence de nuages et du masque atmosphérique, la couverture d'eaux peu profondes a été estimée à près de 5480 ha. La Réserve nationale de faune du lac Saint-François, sur la rive sud (figure 3), abrite plus de 330 ha de bas marais, près de 1250 ha de haut marais et près de 825 ha de marécages. Les bas marais sont surtout abondants autour des îles et sont dominés par *Typha* sp. Par contre, *Carex* sp. domine les haut marais. Les marécages se subdivisent en marécages arbustifs, marécages arborés à *Larix laricina* et marécages arborés à *Acer rubrum*. Ces trois classes cohabitent dans la région de Dundee. La rive nord (figure 4) abrite environ 74 ha de marécages (classe générale). Dans cette zone, les rives du lac sont affectées en grande partie à l'agriculture.



**Figure 3** Cartographie du 26 juillet 1990 des milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-François (partie ouest)

Aménatech (1992b) a identifié une plus faible superficie d'eaux peu profondes dans sa première cartographie. Une reclassification, effectuée à partir de nouveaux sites d'échantillonnage, a permis d'identifier de nouveaux groupements au centre du lac. Le traitement des images a porté seulement sur les eaux peu profondes et non sur toutes les classes. Le résultat a été superposé à l'ancienne cartographie.



**Figure 4** Cartographie du 26 juillet 1990 des milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-François (partie est)

Aménatech (1992b) a fait des mises en garde dans son rapport au sujet de la qualité radiométrique des images et des limites d'interprétation des différentes classes cartographiées. Ces mises en garde sont :

- La présence marquée de nuages a nui à la qualité radiométrique des images et occasionné une perte de précision dans la classification. La présence des nuages a entraîné l'élimination d'une bonne partie du territoire sur la rive nord.
- Ce manque de précision amène une certaine confusion entre l'eau libre et les classes d'eau peu profonde. L'absence d'informations récentes sur les herbiers rend l'évaluation de leur distribution spatiale difficile. On note une confusion entre les zones d'herbiers peu denses et les sections du fleuve où l'hydrodynamique est plus calme. De façon spécifique, la classe « Eau peu profonde à végétation flottante » est surestimée pour la rivière aux Saumons, au centre de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François. Cela s'explique par la faible largeur de la rivière qui, à cette période de l'année, est en condition d'étiage. Également sur la rive nord, l'influence des nuages amène une surestimation de cette classe.
- Les pixels non classés en milieux humides sont principalement des pixels mixtes et des pixels non échantillonnés dans une zone à l'ouest de la rivière aux Saumons. Les pixels non classés dans la bande de 1 km en milieu sec sont des pixels dont le signal est influencé par les conditions atmosphériques et les variations d'humidité ou de densité des champs agricoles.

**Tableau 3**  
**Milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-François**

Classes	Code	Hectares
Eau peu profonde à végétation submergée	10	5483,46
Eau peu profonde à végétation flottante	11	267,72
Bas marais à <i>Typha</i> sp.	38	333,78
Haut marais	80	11,39
Haut marais à <i>Carex</i> sp.	83	1326,40
Haut marais à <i>Phragmites australis</i>	84	32,79
Marécage arbustif	110	481,00
Marécage arboré	130	38,59
Marécage arboré à <i>Acer rubrum</i>	132	321,96
Marécage arboré à <i>Larix laricina</i>	133	113,12
Total		8410,21

Aménatech (1992b) relate qu'il y a eu une confusion entre les eaux peu profondes et l'eau libre, principalement dans la partie centrale du lac Saint-François, à l'entrée du canal de Beauharnois, et dans les îles au nord-ouest de Valleyfield. Cette confusion a été causée par les variations radiométriques dans et entre les lignes de vol. Ce décalage est ressorti à la figure 4

entre les groupements d'eaux peu profondes lors de la fusion des fichiers des zones amont et aval du lac Saint-François. Ce décalage s'explique aussi, en plus des éléments expliqués plus haut, par le fait que les deux fichiers mosaïques ont été traités, ou classifiés, indépendamment l'un de l'autre, parce que chacun des fichiers avait ses propres sites d'entraînement et ses propres caractéristiques spectrales à partir desquelles est générée la classification de l'image.

Aménatech (1992b) précisait aussi que la classe « Haut marais » correspond essentiellement aux aménagements de Canards Illimités Canada, situés dans la partie nord-ouest du secteur d'étude. Les pixels non classés dans les milieux humides sont surtout des pixels mixtes en bordure de l'eau. La classe « Agriculture » chevauche en partie la classe « Labours ». Les pixels non classés dans les milieux secs correspondent essentiellement aux zones d'ombres et de nuages et à des sections d'eau libre qui n'ont pas été reconnues lors de la classification.

## **5.2 CLASSIFICATION DU SECTEUR D'ÉTUDE VALLEYFIELD-BEAUHARNOIS**

La figure 5 résulte de la fusion d'images obtenues à deux dates différentes. Les images du bras ouest du canal de Beauharnois ont été acquises le 26 juillet, et celles du reste de la région, le 21 août 1990.

Aménatech (1992b) explique que la classe « Bas marais à végétation angustifoliée » a été surestimée lors de la classification.

Une nouvelle classe « Haut marais à *Phragmites australis* » est apparue. Elle couvre une superficie d'environ 860 ha (tableau 4), dont près de 50 p. 100 se situent sur la rive sud du canal de Beauharnois, et dont la portion restante est répartie sur la rive nord du fleuve. Une confusion existe entre cette classe et la classe « Agriculture »; il faut donc demeurer prudent avec la superficie totale annoncée.

La classe « Zone bâtie » est très présente, avec plus de 3720 ha dans le premier kilomètre de rive. Cette classe comprend, en plus de la zone urbaine, les secteurs résidentiels et ruraux, avec tous les sites de végétation arbustive et de sol nu qui les accompagnent. De surcroît, on peut observer que cette classe est facile à confondre avec les zones de sol nu qui apparaissent en tons très clairs sur les images, ce qui entraîne une surestimation de sa distribution, principalement le long de la rive sud du canal de Beauharnois.

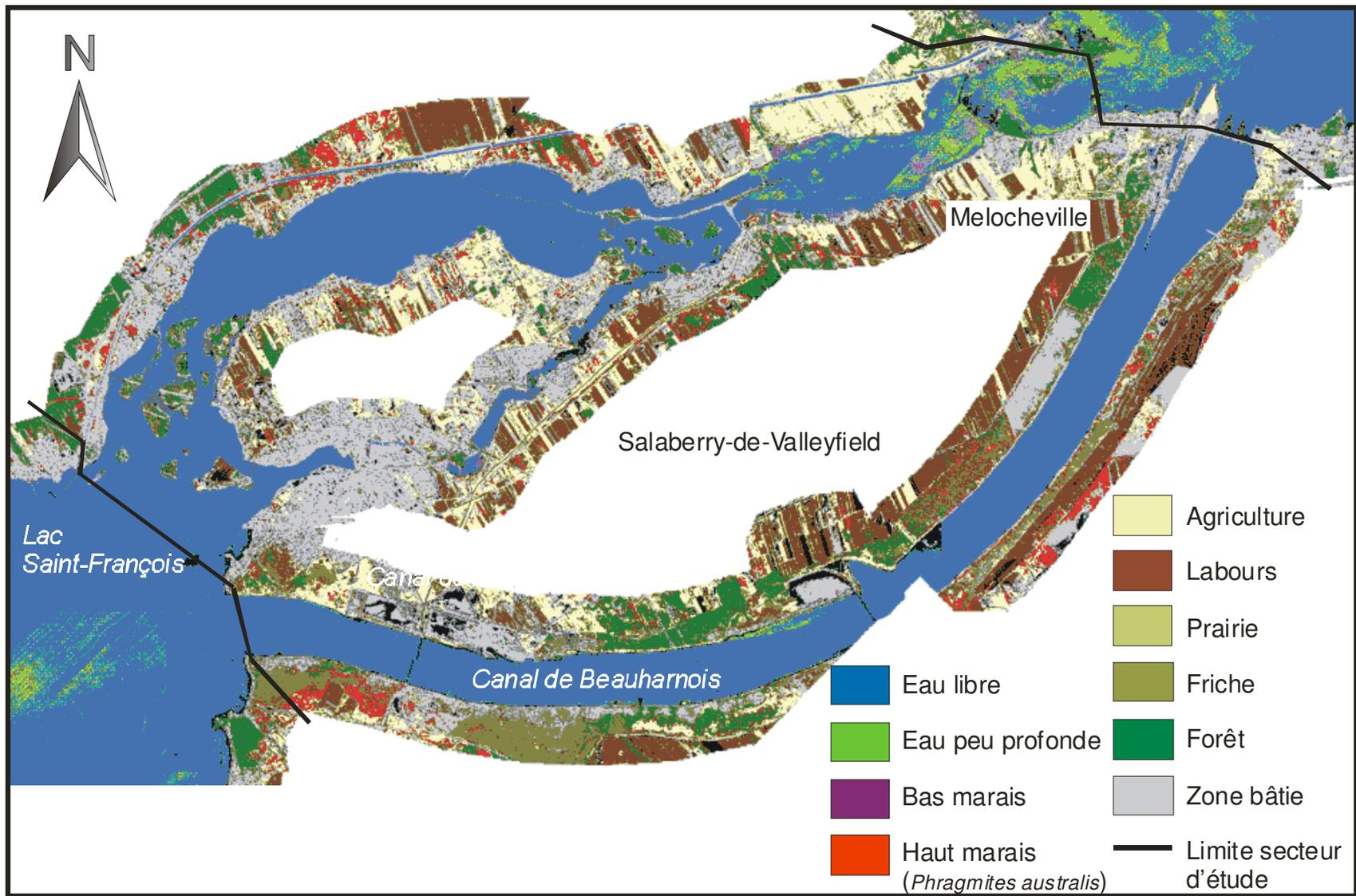


Figure 5 Cartographie des 26 juillet et 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Valleyfield-Beauharnois

L'agriculture, encore plus présente, occupe près de 4420 ha si l'on combine la classe « Labours » avec la classe « Agriculture ». On aperçoit une zone blanche au milieu du canal de Beauharnois et qui couvre une partie de la rive sud, associée à des pixels non classés. Il s'agit ici d'une partie du territoire qui n'a pas été survolée et non de pixels non classés.

**Tableau 4**  
**Milieux humides du secteur d'étude Valleyfield-Beauharnois**

Classes	Code	Hectares
Eau peu profonde à végétation submergée	10	236,11
Eau peu profonde à végétation flottante	11	3,05
Bas marais à <i>Sagittaria</i> sp.	25	1,07
Bas marais à <i>Typha</i> sp.	38	2,07
Bas marais à végétation angustifoliée	44	25,71
Bas marais à végétation angustifoliée dense ( <i>Typha</i> sp. et <i>Scirpus</i> sp.)	45	23,24
Bas marais à végétation angustifoliée peu dense ( <i>Typha</i> sp. et <i>Scirpus</i> sp.)	46	11,74
Bas marais à végétation angustifoliée ( <i>Typha</i> sp. et <i>Sparganium</i> sp.)	57	4,97
Haut marais à <i>Phragmites australis</i>	84	861,22
Marécage arboré à <i>Acer saccharinum</i>	131	3,95
Total		1173,13

Selon Aménatech (1992b), une bonne partie des pixels non classés correspondent aux bassins de décantation aménagés pour le traitement des eaux près de la centrale de Beauharnois. Les autres pixels non classés sont des pixels mixtes de milieux en bordure de l'eau et d'herbiers localisés.

### 5.3 CLASSIFICATION DU SECTEUR D'ÉTUDE LAC SAINT-LOUIS

La figure 6 montre que la rive sud du lac Saint-Louis est assez boisée et à vocation agricole. Il y a également beaucoup de marais et de marécages le long de cette rive. La rive nord du lac, constituée de l'île de Montréal, est fortement urbanisée. Le secteur d'étude Lac Saint-Louis abrite plus de 3900 ha d'eaux peu profondes, 510 ha de bas marais, près de 100 ha de haut

marais et plus de 240 ha de marécages (tableau 5). Il compte également, en milieu sec, 1235 ha de forêt, 2800 ha de terres agricoles et plus 3400 ha de zones bâties dans le premier kilomètre de rive. Malgré la présence marquée d'eaux peu profondes, il y a plus de 10 680 ha d'eau libre.

Aménatech (1992b) révèle que dans ce secteur, la classification des eaux peu profondes et de l'eau libre est particulièrement difficile à cause des différentes catégories d'eau libre rencontrées dans cette région. Les eaux brunes de la rivière des Outaouais et les eaux vertes et claires des Grands Lacs rendent difficile la distinction des eaux peu profondes par l'algorithme de vraisemblance. La classe « Bas marais à *Sagittaria* sp. » est légèrement surévaluée, surtout à l'île Dowker où *Lythrum salicaria* se retrouve intégrée à cette classe. La classe « Eau libre peu profonde » est surévaluée par rapport à la classe « Eau libre ».

**Tableau 5**  
**Milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-Louis**

Classes	Code	Hectares
Eau peu profonde à végétation submergée	10	3965,43
Eau peu profonde à végétation flottante	11	40,79
Bas marais à <i>Sagittaria</i> sp.	25	114,35
Bas marais à <i>Bolboschoenus fluviatilis</i>	27	22,30
Bas marais à végétation angustifoliée dense ( <i>Typha</i> sp. et <i>Scirpus</i> sp.)	45	39,74
Bas marais à végétation angustifoliée peu dense ( <i>Typha</i> sp. et <i>Scirpus</i> sp.)	46	92,03
Bas marais à végétation angustifoliée ( <i>Typha</i> sp. et <i>Sparganium</i> sp.)	57	243,87
Haut marais à graminées hautes	81	57,37
Haut marais à <i>Lythrum salicaria</i> ou autre végétation latifoliée	86	37,21
Marécage arbustif	110	57,95
Marécage arboré à <i>Acer saccharinum</i>	131	183,86
Total		4854,90

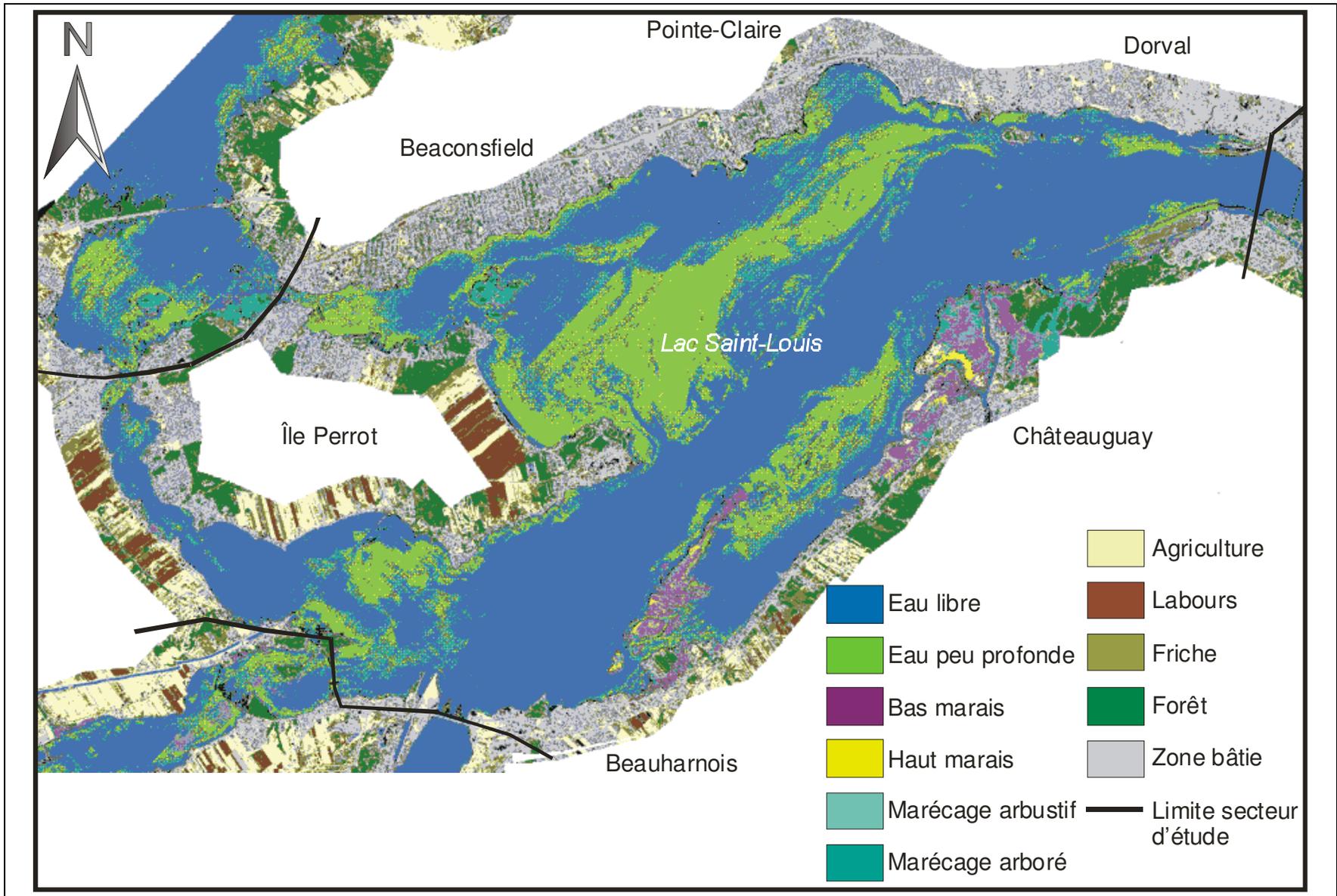


Figure 6 Cartographie du 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-Louis

Aménatech (1992b) ajoute que la classe « Zone bâtie » couvre une grande superficie de la bande de 1 km en milieu sec. Cela s'explique par la forte urbanisation du secteur ainsi que par la présence de zones résidentielles et rurales avec une forte proportion de végétation. On note également une certaine alternance d'espaces bâtis et en friche, apparaissant morcelés sur l'image, et qui correspondent à des zones en développement. Les pixels non classés correspondent en majorité à des pixels mixtes ou à des pixels non définis spectralement par l'échantillonnage.

#### **5.4 CLASSIFICATION DU SECTEUR D'ÉTUDE BASSINS DE LA PRAIRIE**

Ce secteur du fleuve se démarque par la faible présence de marais et de marécages. Nous pouvons voir à la figure 7 que la majorité des deux rives est fortement occupée par la classe « Zone bâtie ». Quelques secteurs agricoles et forestiers occupent un endroit précis de la rive sud. Cette région abrite un peu plus de 950 ha d'eaux peu profondes (tableau 6). Son urbanisation accrue génère plus de 3080 ha de zones bâties. Il reste toutefois près de 410 ha de forêt et près de 1110 ha de terres agricoles.

**Tableau 6**  
**Milieux humides du secteur d'étude Bassins de La Prairie**

Classes	Code	Hectares
Eau peu profonde à végétation submergée	10	955,58

Il manque les images de la partie est du secteur d'étude Bassins de La Prairie. Une ligne de vol supplémentaire aurait été nécessaire pour acquérir des images de cette portion du territoire, malheureusement oubliée par la compagnie d'aviation.

Les eaux peu profondes qui longent l'île de Montréal ont été surestimées au détriment de la classe « Eau libre ». Il semblerait qu'il y ait eu un conflit entre la masse d'eaux brunes en provenance de la rivière des Outaouais et les caractéristiques spectrales propres aux eaux peu profondes.

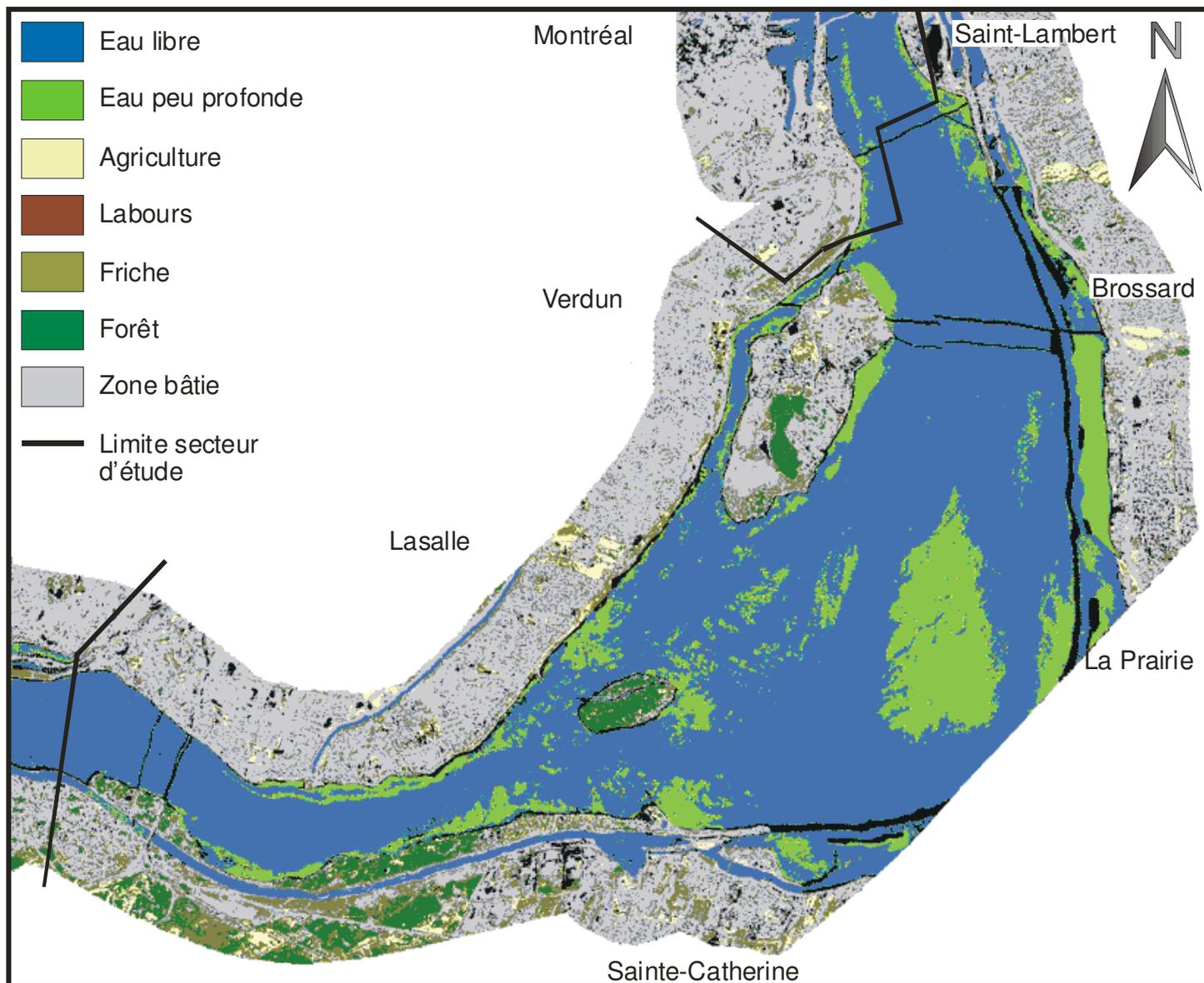


Figure 7 Cartographie du 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Bassins de La Prairie

Le raffinement de cette classification a permis de réduire la superficie occupée par les herbiers à un niveau plus réaliste. Nous retrouvons la classe « Agriculture » dans certains secteurs urbanisés tels que Verdun et Saint-Lambert. Ces zones sont probablement des champs laissés à l'abandon.

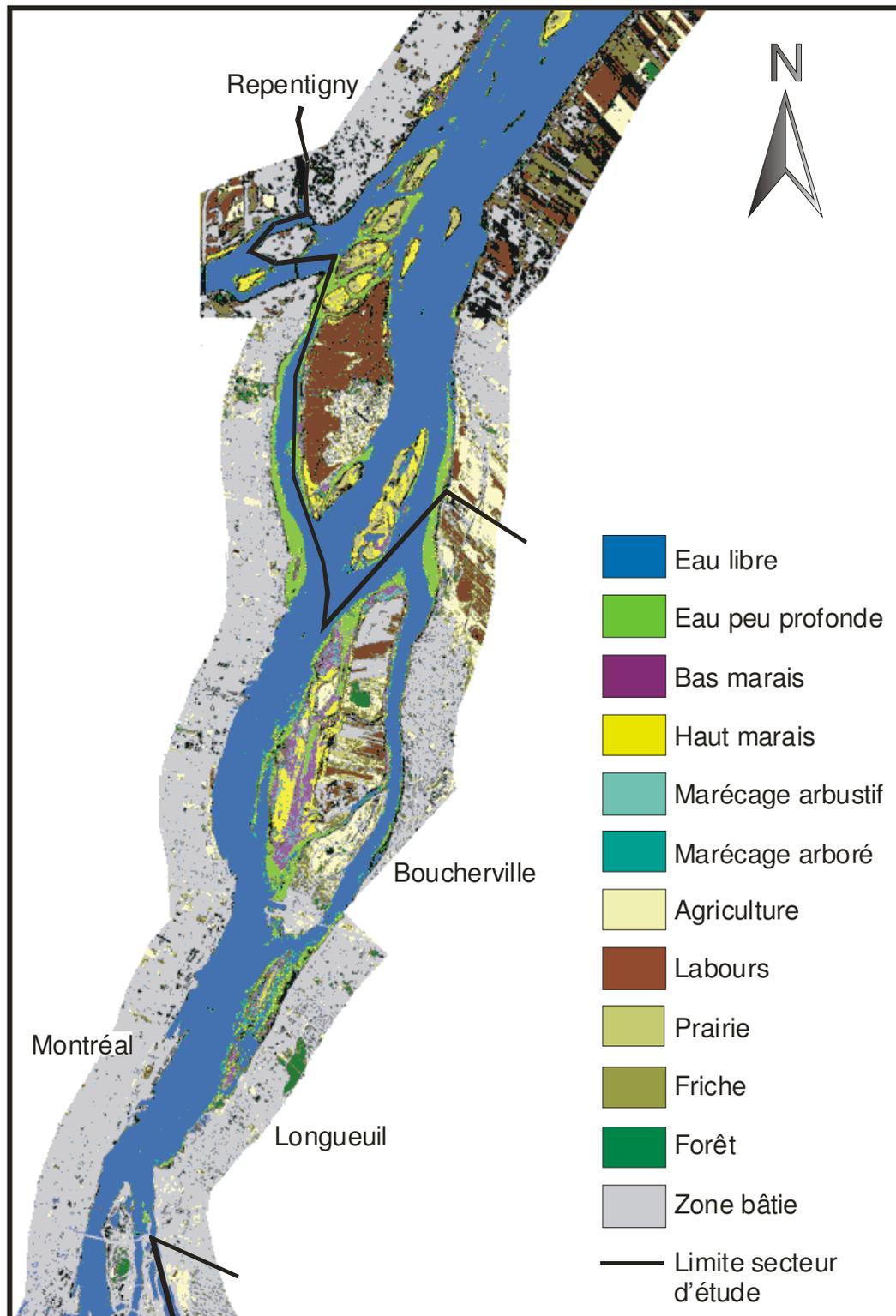
Les pixels non classés dans les milieux humides incluent les eaux peu profondes situées dans la partie sud-ouest du secteur, principalement à la hauteur de Kahnawake et de la marina près de Lachine. Les autres pixels non classés correspondent surtout à des zones en milieu sec (pont, digue, îlot, etc.) qui n'ont pas été échantillonnées et à des masses d'eau turbulente dans les rapides. Les pixels non classés dans la bande de 1 km de milieux secs sont surtout des pixels mixtes ou non définis dans l'échantillonnage.

## 5.5 CLASSIFICATION DU SECTEUR D'ÉTUDE MONTRÉAL-LONGUEUIL

Le secteur d'étude Montréal-Longueuil est une des régions les plus urbanisées, comme nous le montre la figure 8. Nous retrouvons comme municipalités le long de ses rives : Montréal, Montréal-Est, Tétraultville, Pointe-aux-Trembles, Boucherville, Longueuil. Le tableau 7 indique que les îles de Boucherville abritent de nombreux milieux humides, soit plus de 500 ha d'eaux peu profondes, près de 200 ha de bas marais, près de 150 ha de hauts marais et seulement 55 ha de marécages.

**Tableau 7**  
**Milieux humides du secteur d'étude Montréal-Longueuil**

Classes	Code	Hectares
Eau peu profonde à végétation submergée	10	502,86
Eau peu profonde à végétation flottante	11	1,48
Bas marais à <i>Bolboschoenus fluvialis</i>	27	31,84
Bas marais à <i>Typha</i> sp.	38	144,03
Bas marais à végétation robuste	54	23,91
Haut marais à graminées hautes	81	133,59
Haut marais à graminées basses	82	15,34
Marécage arbustif	110	38,51
Marécage arboré	130	17,08
Total		908,64



**Figure 8** Cartographie du 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Montréal-Longueuil

La classe « Haut marais à graminées hautes » est surestimée par rapport aux bas marais dans le secteur des grandes battures Taïlhandier, en face des îles de Boucherville. À cet endroit, les bas marais sont classés « Marécage arbustif » et « Marécage arboré ». Cette situation s'explique par le fait que ces deux dernières classes ont une faible couverture spatiale, ce qui a produit un échantillonnage inadéquat.

La bande de 1 km de milieux secs dans ce secteur est fortement urbanisée ou comporte plusieurs espaces bâtis en milieu rural. Ceci est très bien représenté dans la classe « Zone bâtie » qui couvre toute la gamme de variations à l'intérieur de ces espaces. Par contre, nous avons une surévaluation de cette classe au détriment de la classe « Labours », particulièrement dans le cas de la sous-classe de sol nu.

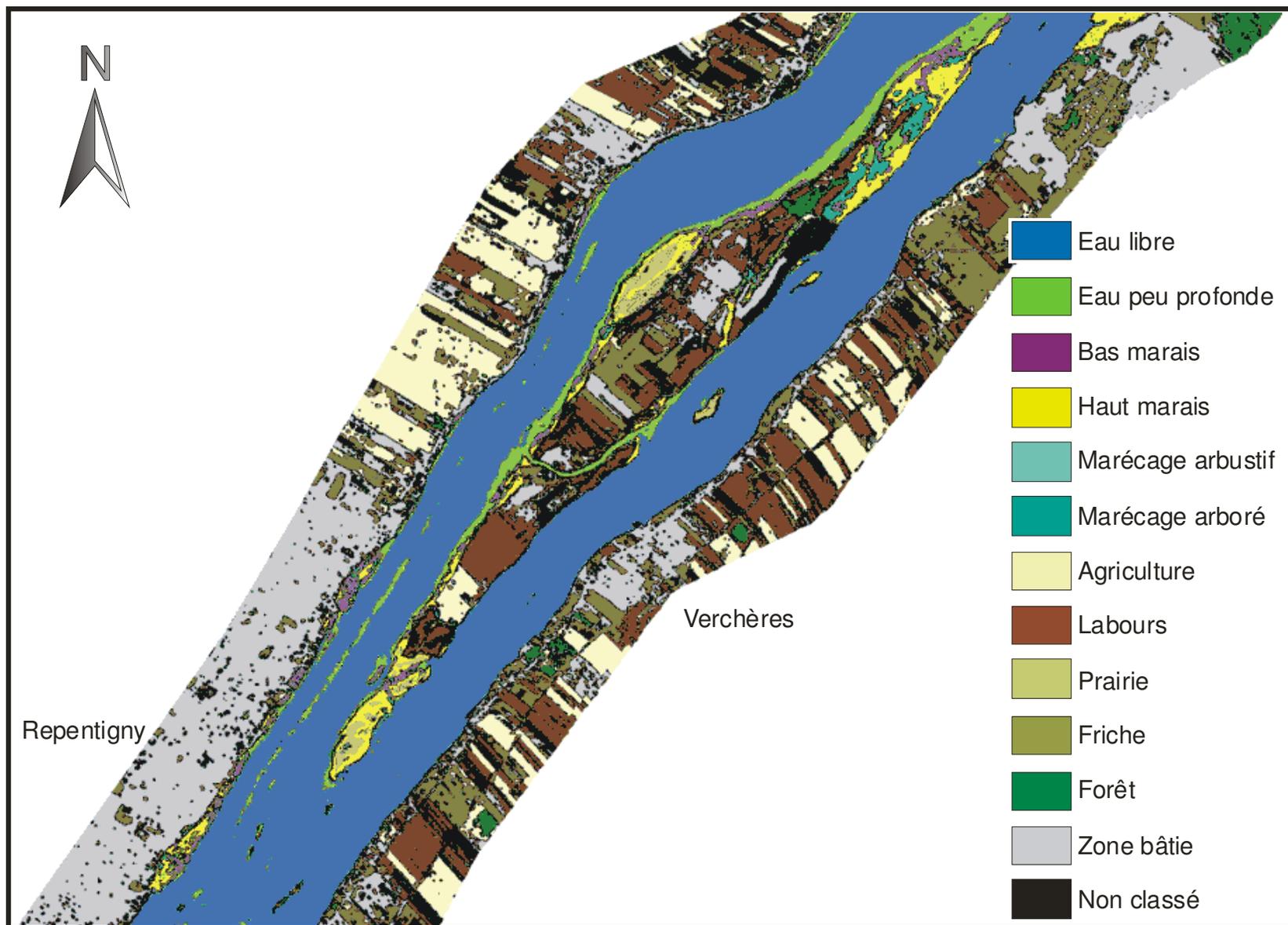
Les pixels non classés sont surtout des pixels mixtes situés en bordure de l'eau.

## **5.6 CLASSIFICATION DU SECTEUR D'ÉTUDE VARENNES-CONTRECOEUR**

Comme le montrent les figures 9 et 10, le secteur d'étude Varennes-Contrecoeur se compose de l'île Sainte-Thérèse, l'île de Verchères et des îles de Contrecoeur. On y trouve près de 860 ha d'eaux peu profondes, près de 440 ha de bas marais, plus de 580 ha de hauts marais et 66 ha de marécages (tableau 8). Le secteur d'étude possède en milieu sec plus de 3000 ha de zones bâties, plus de 1200 ha de forêts et plus de 4770 ha affectés à l'agriculture et autres espaces verts.

Le secteur d'étude a fait l'objet de deux survols, celui du 26 juillet et celui du 21 août 1990, comme les secteurs Valleyfield-Beauharnois et Lac Saint-Pierre. Les images obtenues le 21 août (de Pointe-aux-Trembles à Contrecoeur) ont été traitées lors du projet pilote (Aménatech, 1991) et n'ont pas subi de corrections ou de raffinements lors de la classification globale du tronçon Cornwall-Trois-Rivières. Celles acquises le 26 juillet (île Saint-Ours à Lanoraie) ont aussi été classifiées avec le tronçon Cornwall-Trois-Rivières, mais la présence de nuages la journée du survol a éliminé une partie de l'île Saint-Ours.

Les zones de végétation en milieu bâti, dans la région de Tracy, ont été confondues avec les classes « Labours » et « Agriculture » à cause d'un voile atmosphérique à cet endroit. Cette même confusion s'est produite dans le cas de l'île Saint-Ours, où l'ombre des nuages a modifié les caractéristiques spectrales.



**Figure 9** Cartographie des 26 juillet et 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Varennes-Contrecoeur (partie sud)

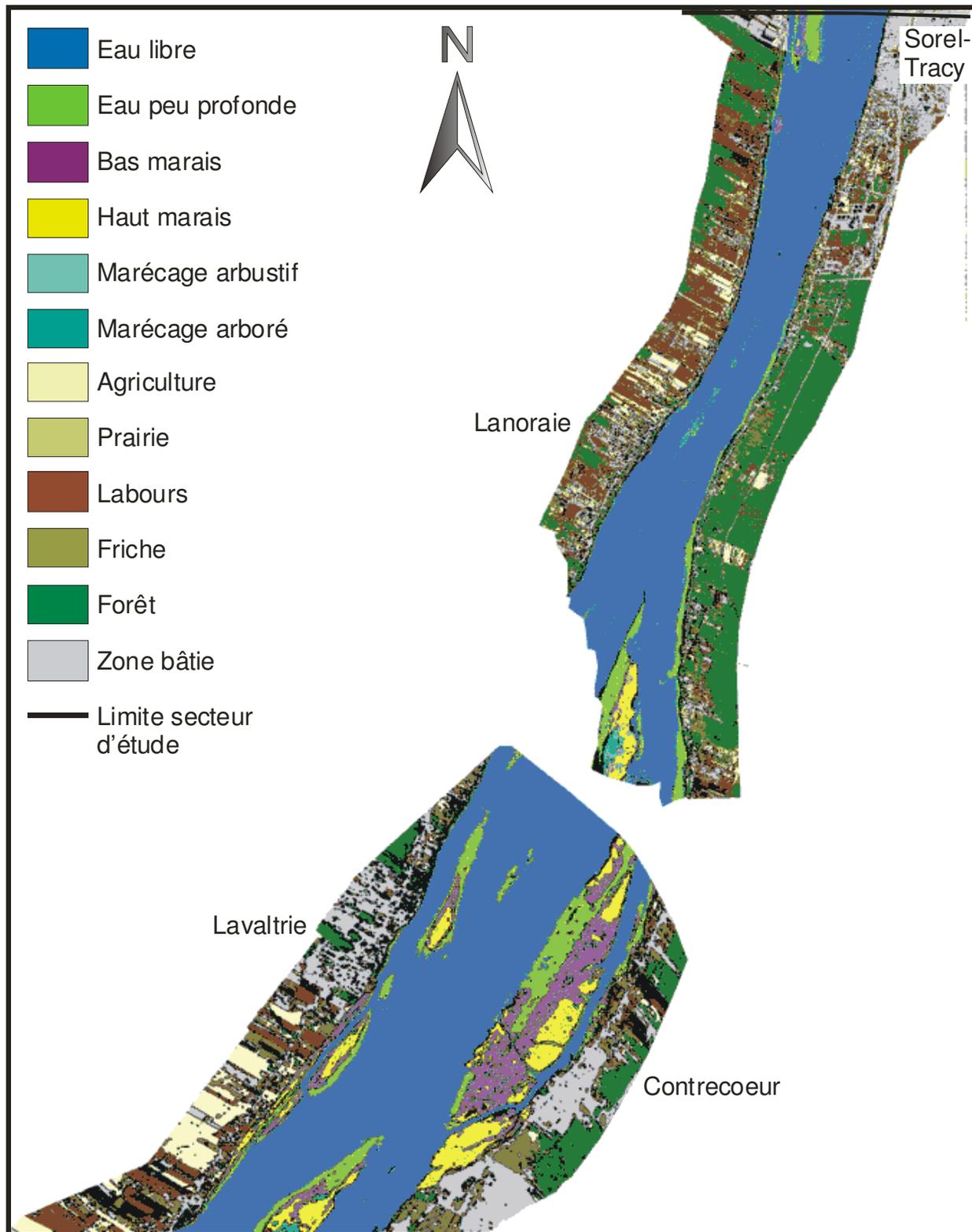


Figure 10 Cartographie des 26 juillet et 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Varennes-Contrecoeur (partie nord)

La classe « Haut marais à graminées hautes » était présente et même dominante sur toutes les îles dans la cartographie effectuée par Aménatech (1992b). Certaines corrections ont été apportées à cette classe par le Centre Saint-Laurent à l'aide des informations du rapport de Pilon *et al.* (1980). Ces corrections ont consisté à ajouter la classe « Prairie sèche » obtenue en masquant les parties des haut marais situées hors de la zone inondable. Il n'y a pas eu de classification proprement dite pour obtenir cette nouvelle classe, seulement l'application d'un masque représentant les zones de prairies sèches. Les zones les plus touchées par les corrections sont le groupe d'îles en aval de l'île Sainte-Thérèse et l'île de Verchères.

**Tableau 8**  
**Milieux humides du secteur d'étude Varennes-Contrecoeur**

Classes	Code	Hectares
Eau peu profonde à végétation submergée	10	811,58
Eau peu profonde à végétation flottante	11	51,26
Bas marais à <i>Sagittaria</i> sp.	25	73,63
Bas marais à <i>Bolboschoenus fluviatilis</i>	27	150,02
Bas marais à <i>Typha</i> sp.	38	203,30
Bas marais à végétation angustifoliée	44	1,88
Bas marais à végétation émergente et flottante	47	2,19
Bas marais à végétation robuste	54	1,61
Bas marais à végétation robuste et autres plantes herbacées	55	10,99
Haut marais	80	45,50
Haut marais à graminées hautes	81	380,90
Haut marais à graminées basses	82	135,48
Haut marais à <i>Taraxacum officinale</i>	93	21,59
Haut marais à végétation latifoliée	94	0,33
Marécage arbustif	110	12,21
Marécage arboré	130	54,30
Total		1956,77

Les pixels non classés de la partie île Saint-Ours à Lanoraie sont principalement des pixels mixtes situés en bordure de l'eau ou dans des champs agricoles présentant des variations internes d'humidité (sol nu) ou de densité.

## 5.7 CLASSIFICATION DU SECTEUR D'ÉTUDE LAC SAINT-PIERRE

Le secteur d'étude Lac Saint-Pierre est une zone très riche en milieux humides. On peut voir à la figure 11 que la rive sud du lac est presque exclusivement occupée par des milieux humides. Plus de 12 classes de bas marais y ont été identifiées (tableau 9), dont plus 13 000 ha d'eaux peu profondes, près de 8580 ha de bas marais, plus de 3380 ha de hauts marais et environ 4000 ha de marécages. L'agriculture y est aussi très présente, avec près de 6250 ha. Les forêts qui se trouvent sur les îles et le long de la rive nord comptent plus de 1270 ha. Le milieu urbain comprend, en certains endroits, des zones de sol nu et occupe une superficie de près de 2600 ha. Les régions de Tracy-Sorel et de la rive nord près de Pointe-du-Lac sont très fortement urbanisées.

**Tableau 9**  
**Milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-Pierre**

Classes	Code	Hectares
Eau peu profonde à végétation submergée	10	12 898,37
Eau peu profonde à végétation flottante	11	105,68
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i>	20	64,10
Bas marais à <i>Sagittaria</i> sp.	25	900,12
Bas marais à <i>Bolboschoenus fluviatilis</i>	27	2 071,80
Bas marais à <i>Typha</i> sp.	38	704,47
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> et autres plantes émergentes	43	6,29
Bas marais à végétation angustifoliée	44	2 895,13
Bas marais à végétation émergente et flottante	47	387,00
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> et <i>Scirpus lacustris</i>	48	3,49
Bas marais à végétation robuste et autres plantes herbacées	55	1 101,76
Bas marais à <i>Typha</i> sp. et <i>Zizania</i> sp.	56	164,87
Bas marais à végétation morte	58	240,80
Bas marais	61	40,06
Haut marais à graminées hautes	81	3 384,34
Marécage arbustif	110	903,55
Marécage arboré	130	3 096,18
Total		28 968,01

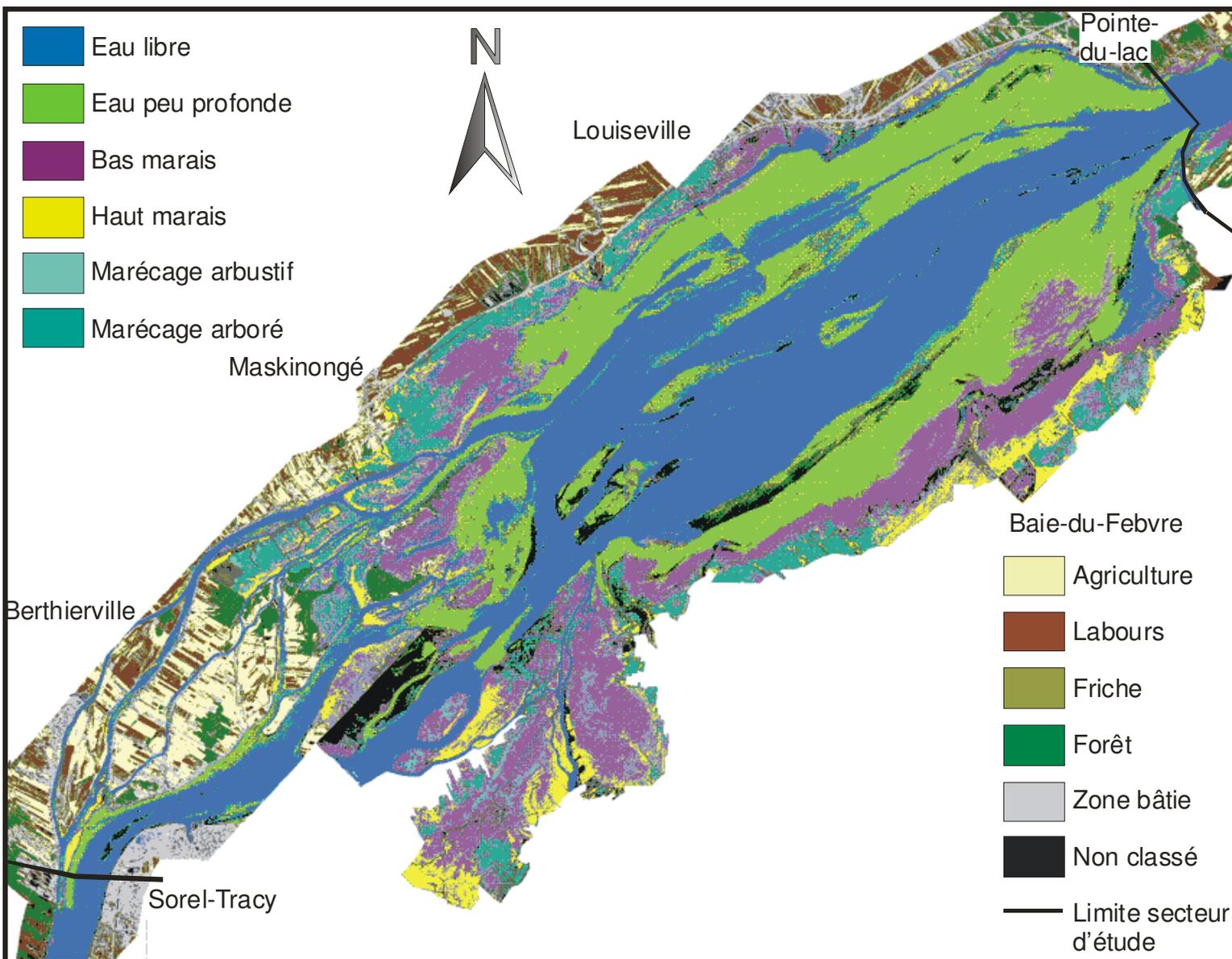


Figure 11 Cartographie des 26 juillet et 21 août 1990 des milieux humides du secteur d'étude Lac Saint-Pierre

La couverture du lac Saint-Pierre a nécessité deux campagnes de terrain. L'acquisition effectuée le 26 juillet a été, malheureusement, accompagnée d'une couverture nuageuse au-dessus des îles de Berthier. L'acquisition du 21 août reprenait le territoire couvert par les nuages le 26 juillet. Malgré cet effort, une partie des îles et de la rive sud est manquante.

Aménatech (1992b) spécifie que dans le secteur de la baie de Lavallière, une classe « Bas marais à végétation morte » ressort comme une classe de sol nu où il y a peu de végétation. Des interventions anthropiques postérieures aux documents de référence (Jacques, 1986) seraient possiblement à l'origine de ces changements.

Aménatech (1992b) ajoute que la classe « Zone bâtie » peut être facilement confondue avec la sous-classe de sol nu de la classe « Labours ». Dans le secteur survolé le 21 août 1990, la classe « Bas marais à *Sagittaria* sp. » a été surestimée pour la commune de l'île Dupas, au sud-est des aménagements de Canards Illimités Canada. Cette classe a été confondue avec celles des « Marécage arbustif » et « Marécage arboré ».

Les pixels non classés correspondent à des pixels mixtes et aux zones de nuages et d'ombre qui interfèrent sur l'image.

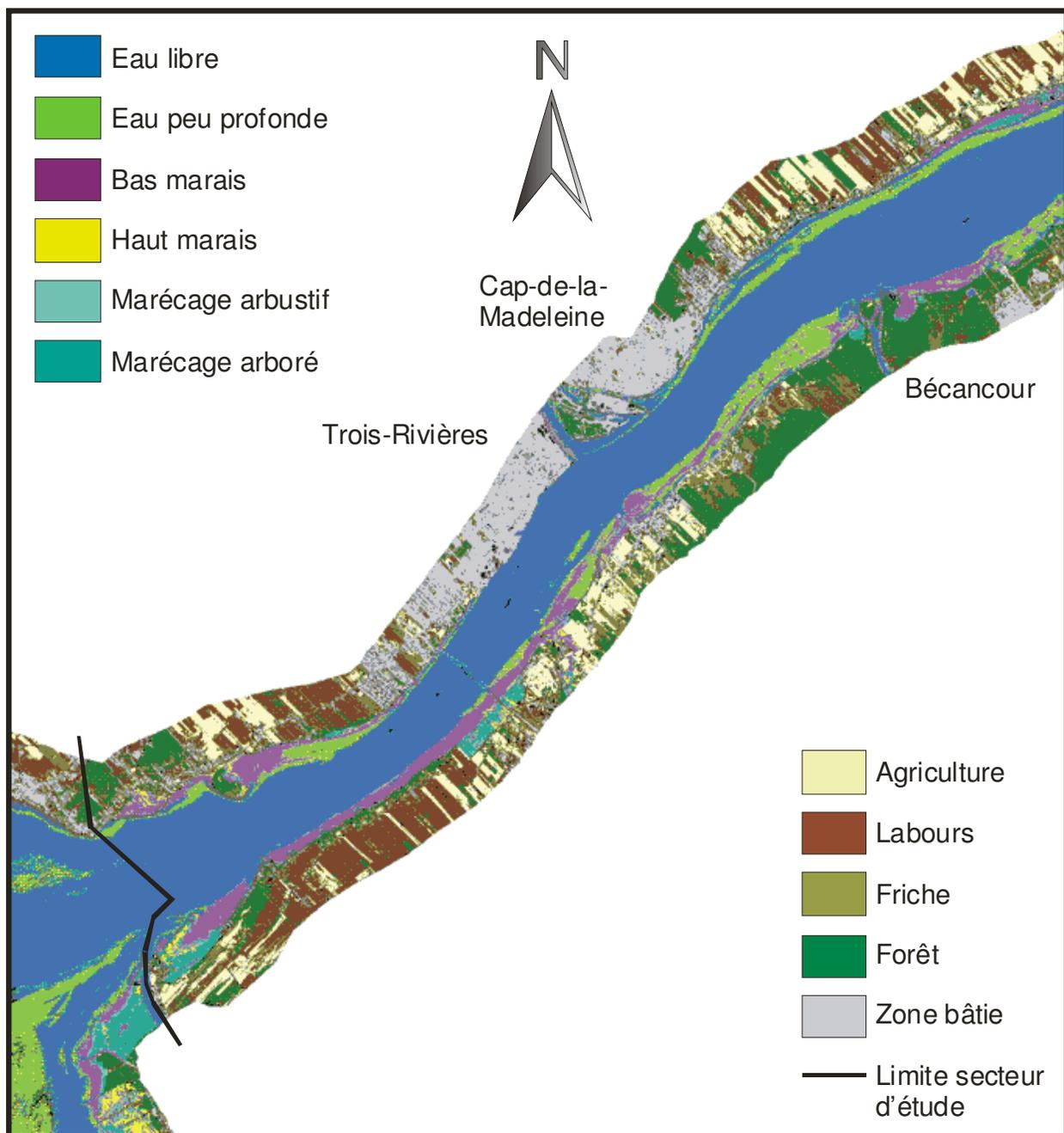
## **5.8 CLASSIFICATION DU SECTEUR D'ÉTUDE TROIS-RIVIÈRES–BÉCANCOUR**

Le secteur d'étude Trois-Rivières–Bécancour couvre en réalité le tronçon de Trois-Rivières à Saint-Nicolas. Les figures 12 à 17 montrent le territoire d'étude qui compte plus de 2725 ha d'eaux peu profondes, près de 3060 ha de bas marais, plus de 170 ha de hauts marais et plus de 740 ha de marécages compris dans le premier kilomètre de rive et dans le fleuve qui est relativement étroit dans ce secteur (tableau 10).

Dans le secteur de la rivière Saint-Maurice, la classe « Eau peu profonde à végétation submergée » et la classe « Eau libre » ont été confondues. Cette situation résulte principalement du type d'eau de la rivière. À cet endroit, une classe « Bille de bois » a été créée pour représenter les billots de bois flottants à la sortie ouest de la rivière Saint-Maurice. À la hauteur de la centrale Gentilly II et dans le secteur de Grondines, une légère surévaluation des herbiers a été causée par des différences radiométriques entre deux lignes de vol.

La classification des marais a, en général, été difficile, principalement à cause du nombre élevé de variations à l'intérieur de chaque classe. Ainsi, dans une même classe, la

variation de la densité de la végétation a entraîné une contribution plus importante du fond du fleuve sur les images de télédétection et obligé la séparation de cette classe.



**Figure 12** Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour (partie a)

La présence d'autres espèces de plantes associées à une classe émet également un signal différent au capteur. Toutefois, les classes de marais deviennent plus uniformes spectralement en aval de Trois-Rivières, facilitant l'échantillonnage. Ces marais, en grande majorité dominés par le *Schoenoplectus pungens*, présentent différentes classes d'hétérogénéité et de densité; un phénomène lié à la présence de la marée.

Les hauts marais sont très peu abondants dans ce tronçon, et ils se trouvent concentrés dans le secteur en amont de Trois-Rivières et près de la centrale de Gentilly. Pratiquement aucune présence n'est détectée en aval de Portneuf. La nature des rives, assez escarpées par endroits, ne permet pas vraiment leur envahissement par l'eau pendant la crue printanière, laissant ainsi très peu de milieux humides.

De très fortes concentrations de marécages sont situées à l'embouchure de la rivière La Pérade et à Grondines.

**Tableau 10**  
**Milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières–Bécancour**

Classes	Code	Hectares
Eau peu profonde à végétation submergée	10	2726,62
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i>	20	368,59
Bas marais à <i>Sagittaria</i> sp.	25	27,31
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> et autres plantes émergentes	43	1477,27
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> et à <i>Scirpus lacustris</i>	48	331,67
Bas marais submergé à <i>Schoenoplectus pungens</i>	50	496,94
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> peu dense et/ou autres plantes émergentes	51	6,57
Bas marais	61	353,06
Haut marais à graminées hautes	81	171,84
Marécage arbustif	110	43,41
Marécage arboré	130	703,06
Total		6706,34

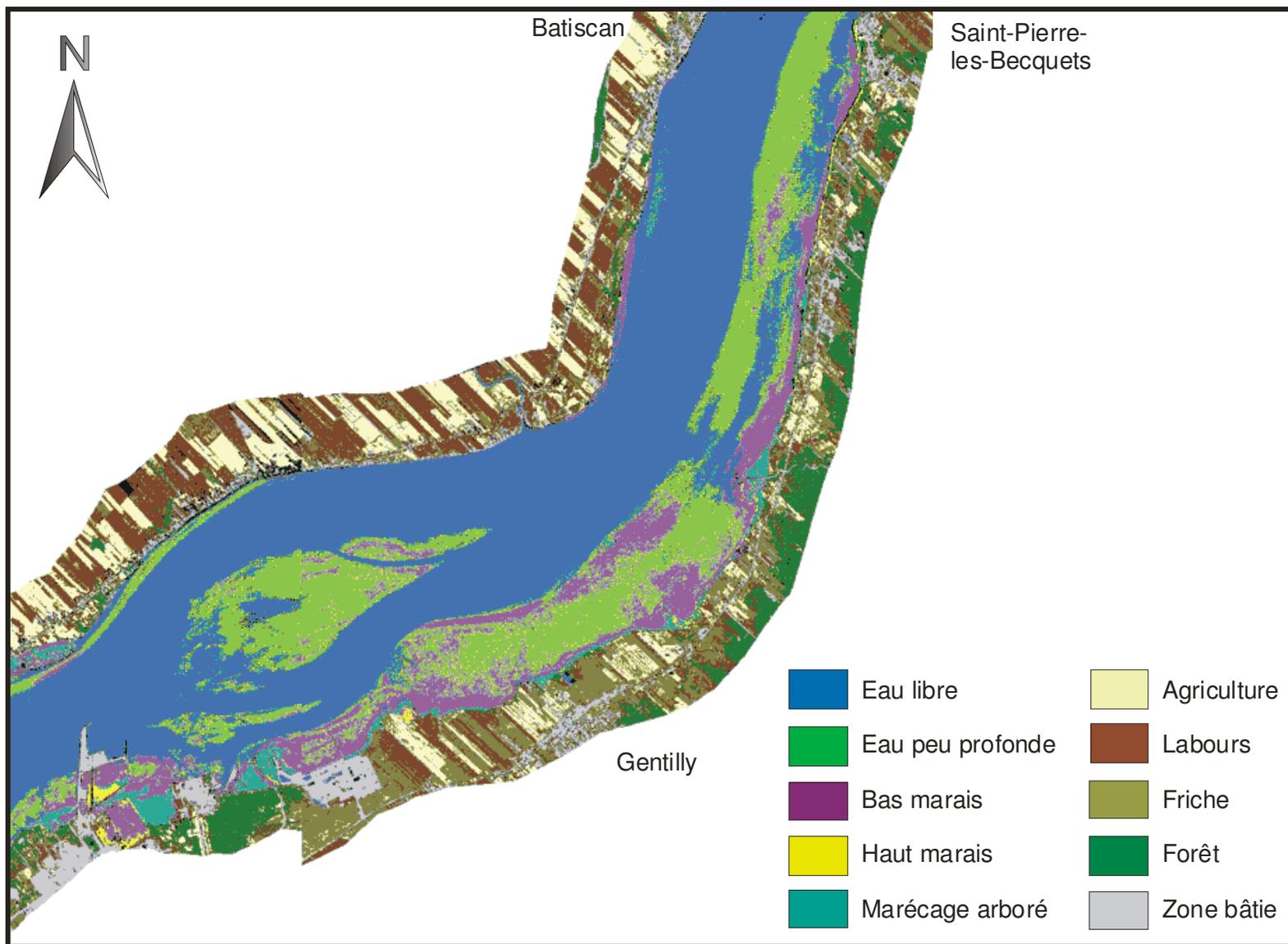


Figure 13 Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour (partie b)

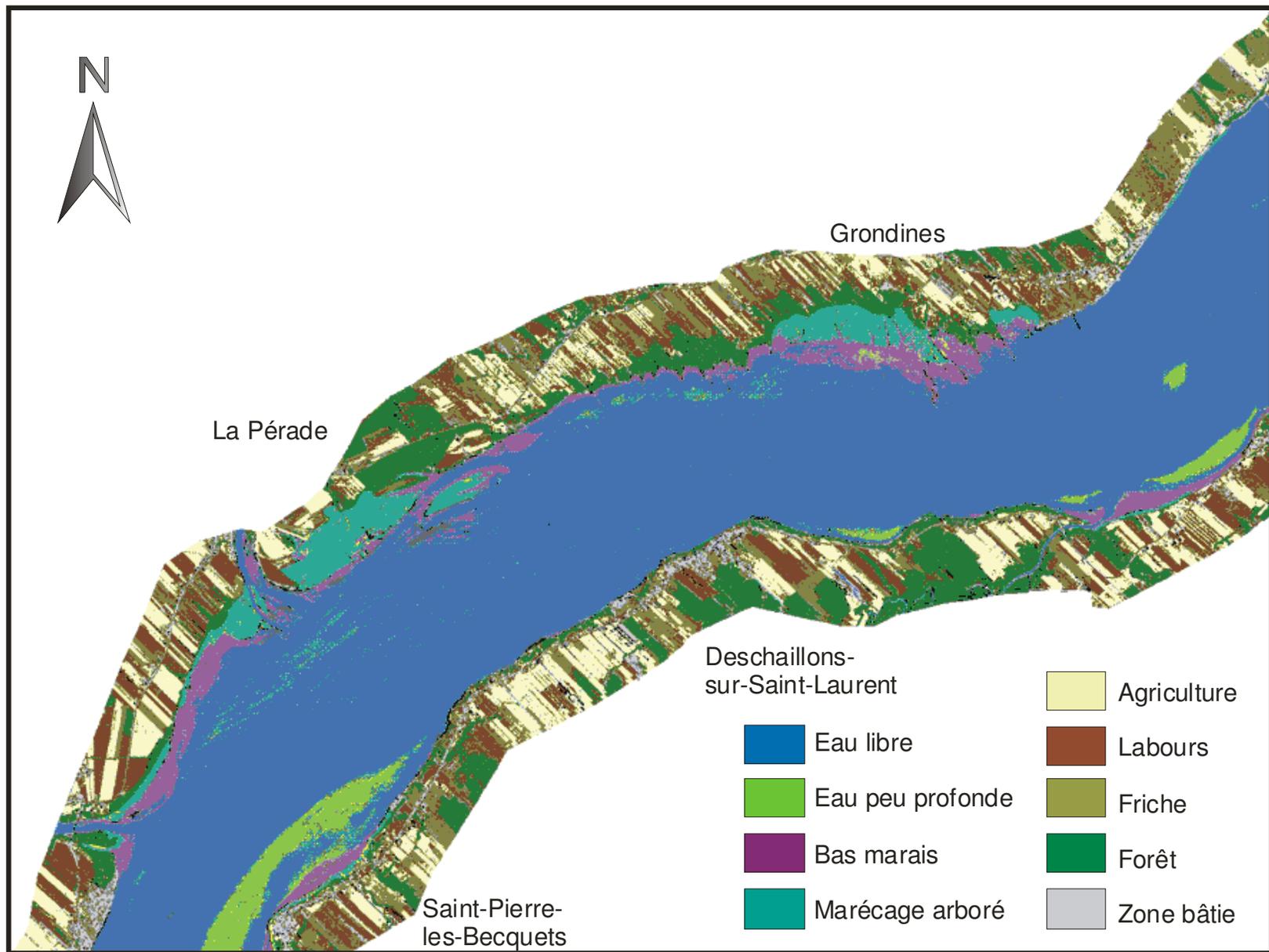
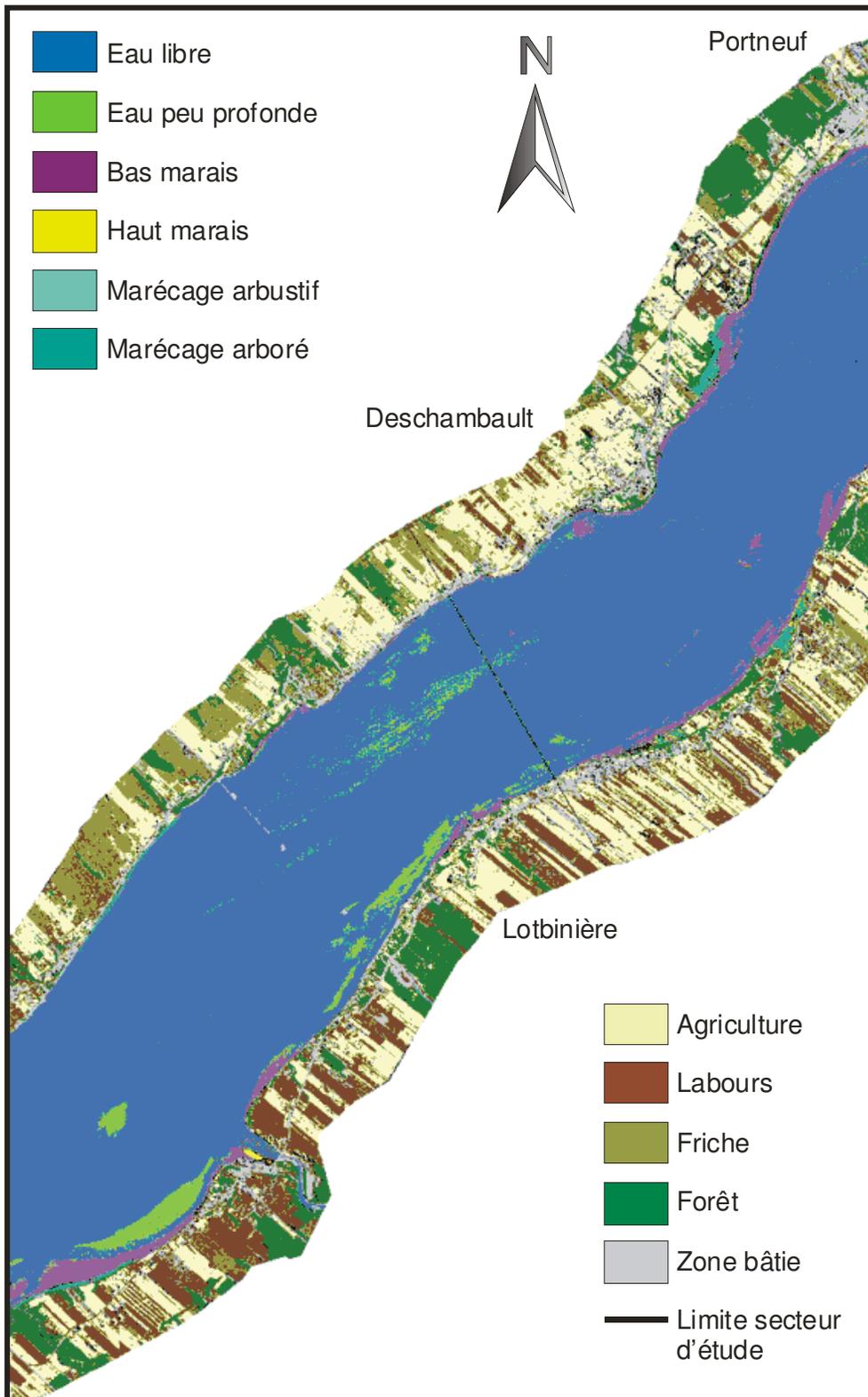


Figure 14 Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour (partie c)



**Figure 15** Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour (partie d)

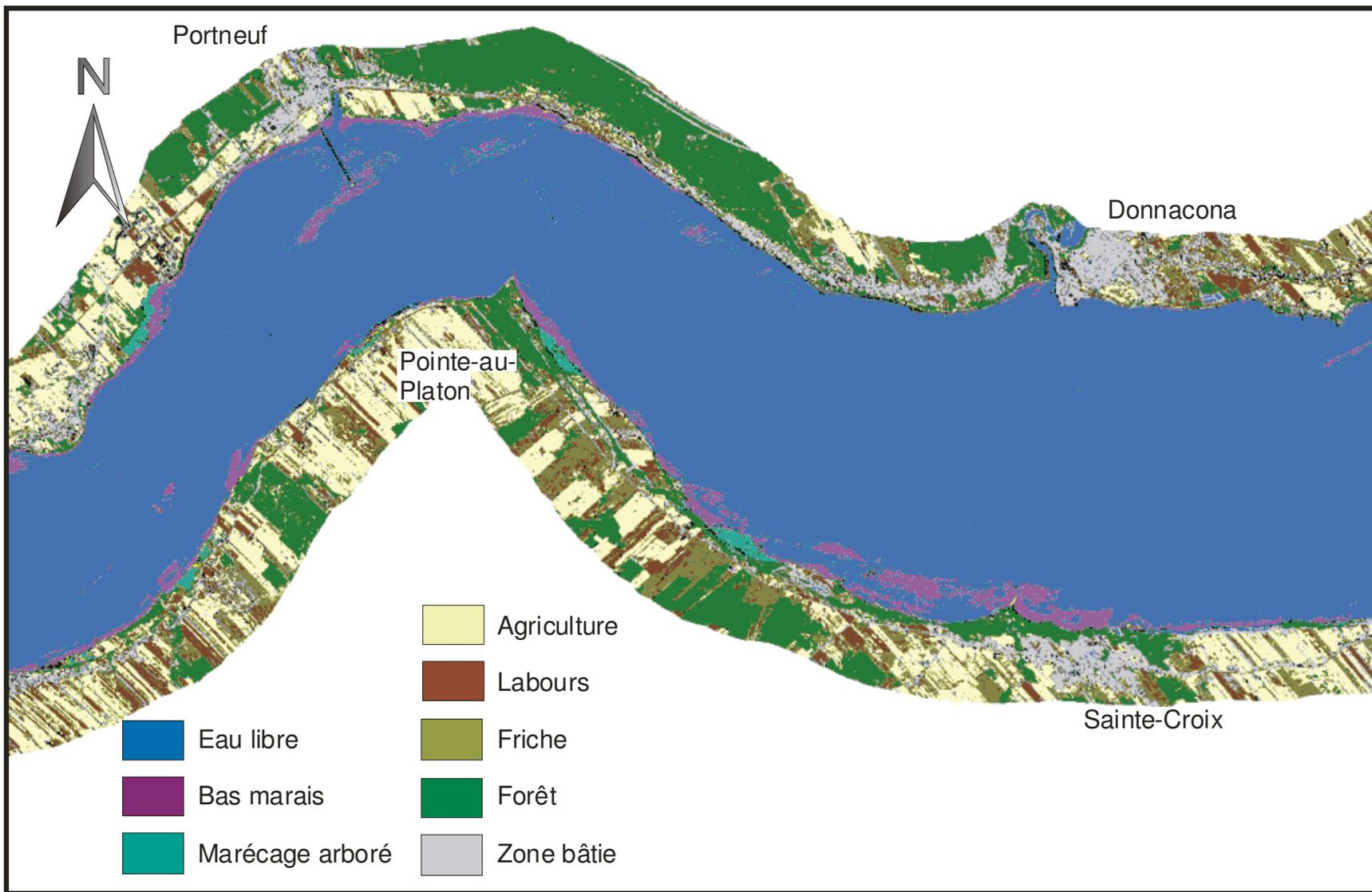


Figure 16 Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour (partie e)

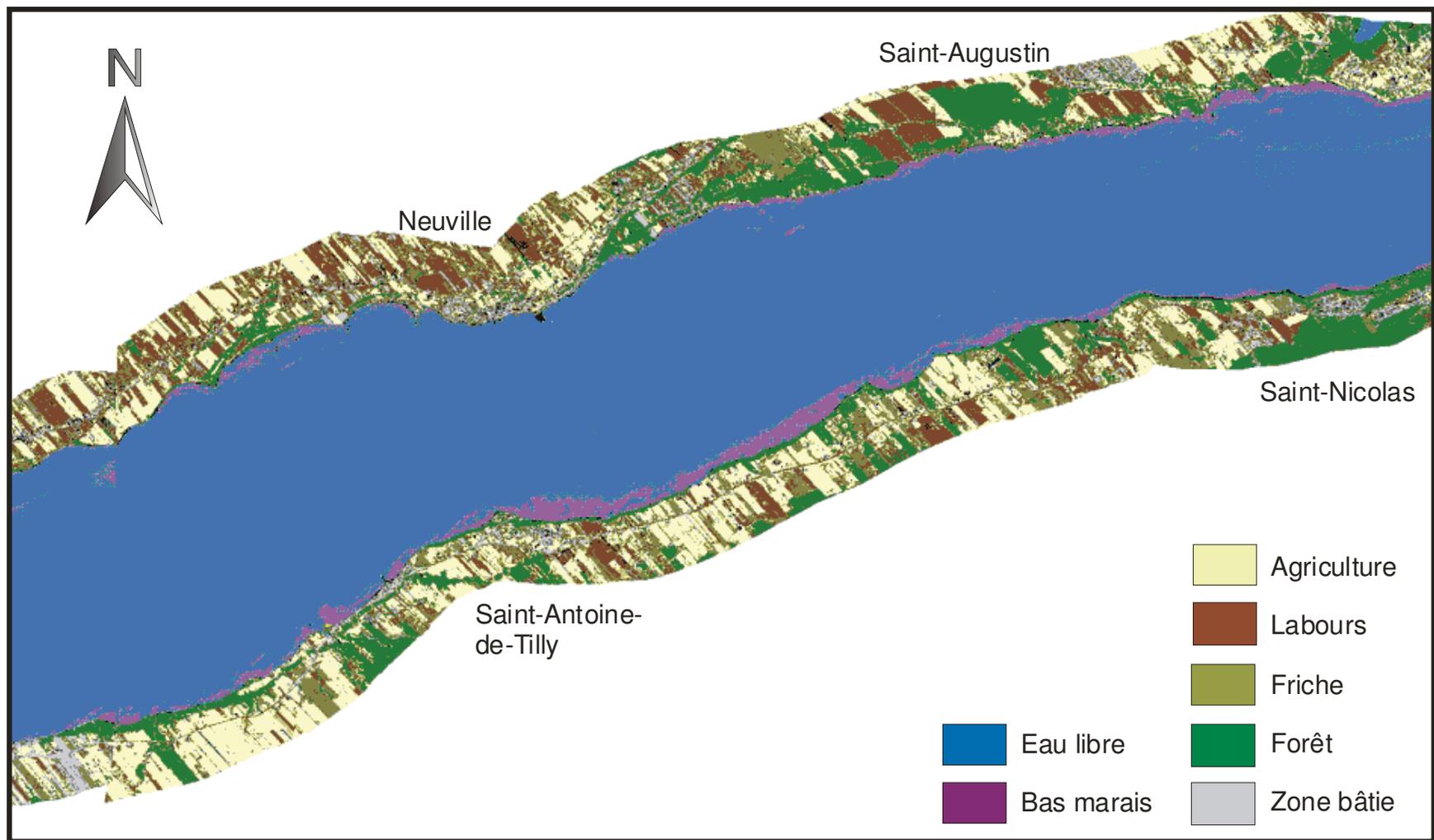


Figure 17 Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour (partie f)

Une certaine confusion entre les classes « Labours » et « Friche » est causée par la ressemblance spectrale entre le maïs et la friche. La classe « Zone bâtie » est légèrement surévaluée à cause de sols nus qui apparaissent en tons très clairs sur les images de télédétection. Les routes dans la portion sud du secteur d'étude apparaissent comme « Labours » alors qu'elles devraient apparaître « Zone bâtie ». Cette confusion est due aux pixels qui représentent les routes à cet endroit et sont dominés par les pixels environnants correspondant à la classe « Labours ».

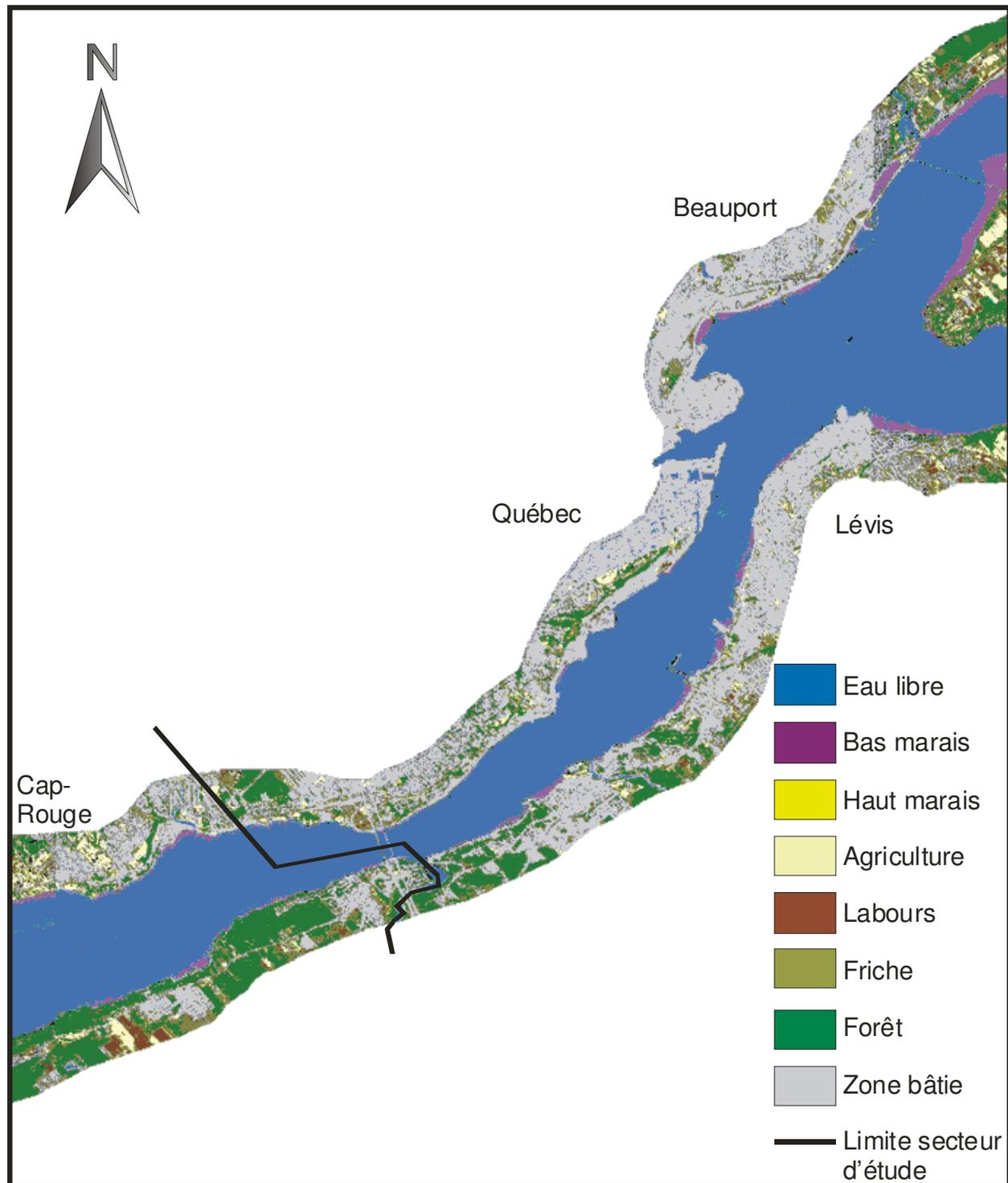
Une partie des pixels non classés sur les rives du Saint-Laurent correspondent essentiellement à des zones d'ombre dans la classe « Marécage arboré » engendrées par les falaises abruptes de ces endroits. Un certain nombre de pixels non classés correspondent surtout à des zones en milieu sec (quai, jetée, etc.) qui n'ont pas été échantillonnées.

## **5.9 CLASSIFICATION DU SECTEUR D'ÉTUDE QUÉBEC-LÉVIS**

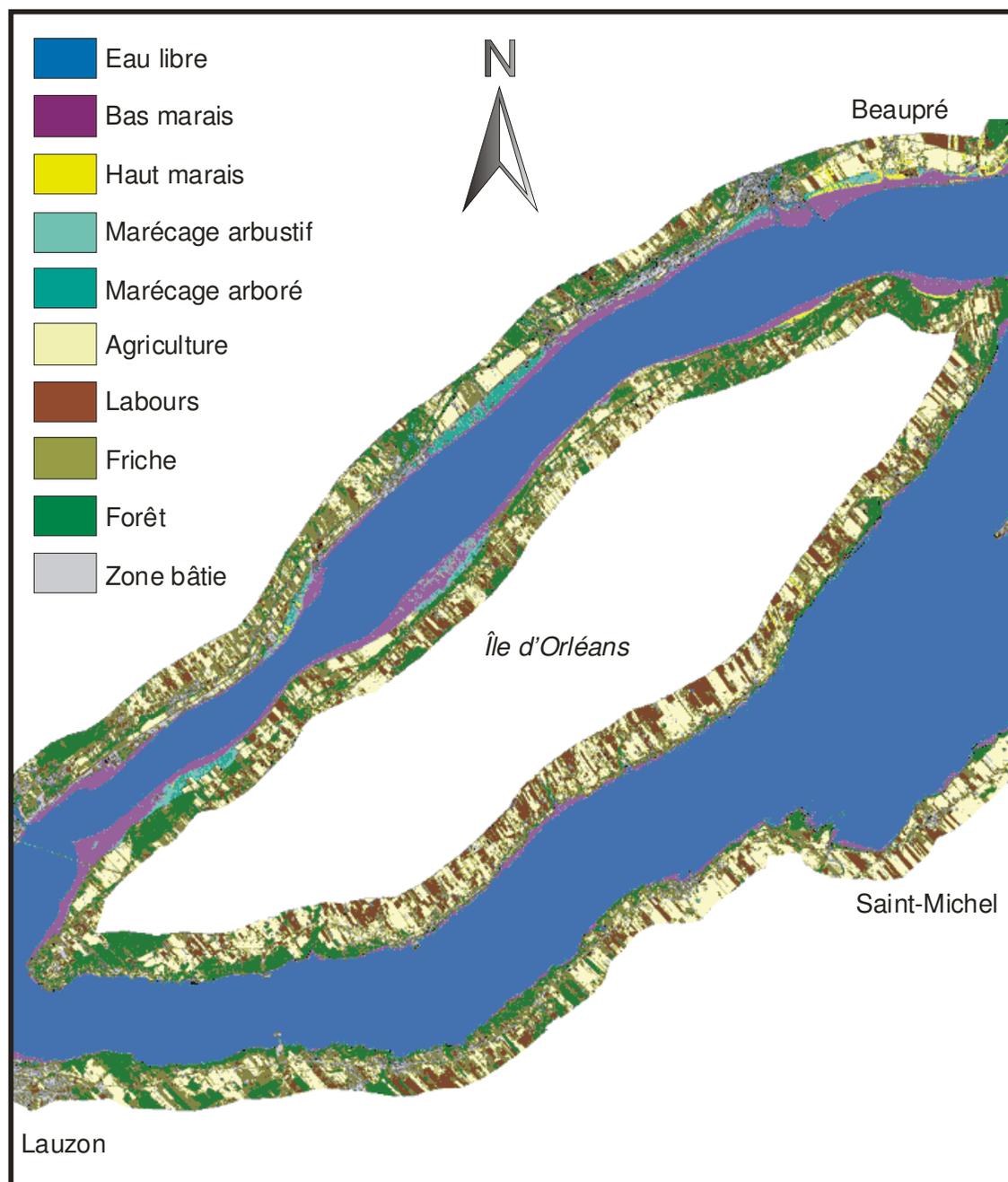
Le secteur d'étude Québec-Lévis, comme le montrent les figures 18 à 20, couvre un territoire allant de Québec au cap Tourmente et de Saint-Rédempteur à Berthier-sur-Mer. Elle n'abrite aucune classe d'eaux peu profondes à cause de la grande profondeur du Saint-Laurent à cet endroit et de la dynamique fluviale. Les bas marais qu'on y trouve sont dominés par *Schoenoplectus pungens* et couvrent une superficie de 1635 ha (tableau 11), surtout le long de la côte de Beaupré et de la rive nord de l'île d'Orléans. Les hauts marais, assez épars, occupent près de 151 ha. Les marécages, qui sont aussi plus présents dans le couloir nord du fleuve entre l'île d'Orléans et la rive nord, s'étendent sur un peu plus de 315 ha. Cette région se distingue par la forte urbanisation de ses rives dans la partie Québec-Lauzon et par sa forte occupation agricole sur l'île d'Orléans et les deux rives à l'est de Québec et de Lauzon.

Dans le secteur entre l'île d'Orléans et Montmagny, principalement dans la région du cap Tourmente, la classe « Eau libre peu profonde » est légèrement surévaluée par rapport à la classe « Eau libre ». Cela s'explique par la présence d'une forte proportion de matières en suspension dans l'eau à cet endroit.

Les eaux de la rivière Montmorency, près de la ville de Québec, sont surévaluées à cause des berges escarpées qui causent des zones d'ombre ressemblant spectralement à la classe « Eau libre ».

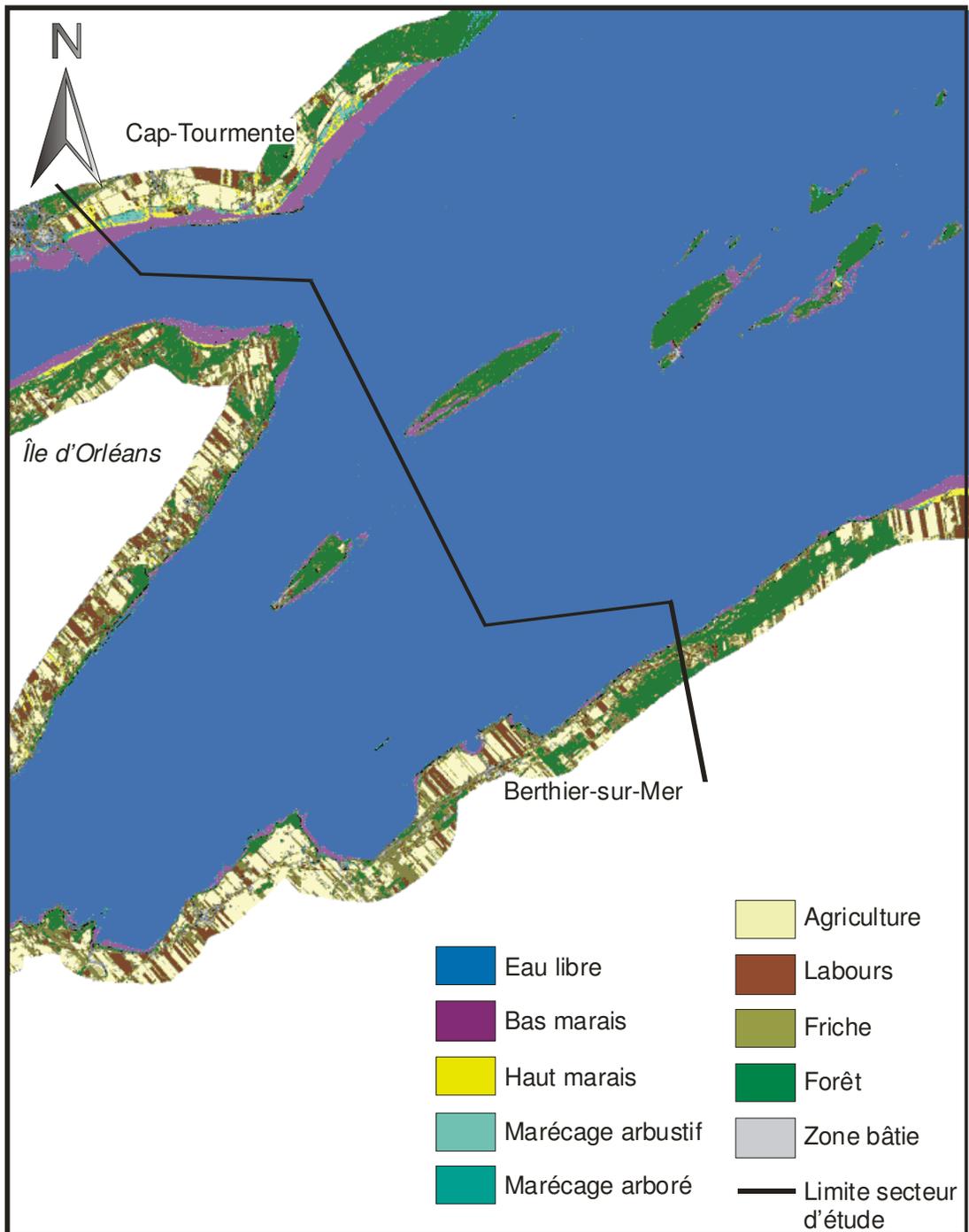


**Figure 18** Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Québec-Lévis (partie a)



**Figure 19** Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Québec-Lévis (partie b)

La plupart des affleurements rocheux rencontrés autour des îles et en certains endroits en bordure du fleuve ont été intégrés à la classe « Eau libre peu profonde » parce qu'ils sont difficiles à distinguer spectralement des plages de sable.



**Figure 20** Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Québec-Lévis (partie c)

Les classes « Forêt de feuillus » et « Friche » ont été confondues à cause de leur ressemblance spectrale, principalement aux endroits où les friches présentent une forte proportion

d'arbustes. Les routes en régions faiblement urbanisées apparaissent « Labours » au lieu de « Zone bâtie ». La proportion des pixels qui représentent les routes à ces endroits est faible, et ces derniers prennent les valeurs correspondant aux sols nus de la classe « Labours ».

**Tableau 11**  
**Milieux humides du secteur d'étude Québec-Lévis**

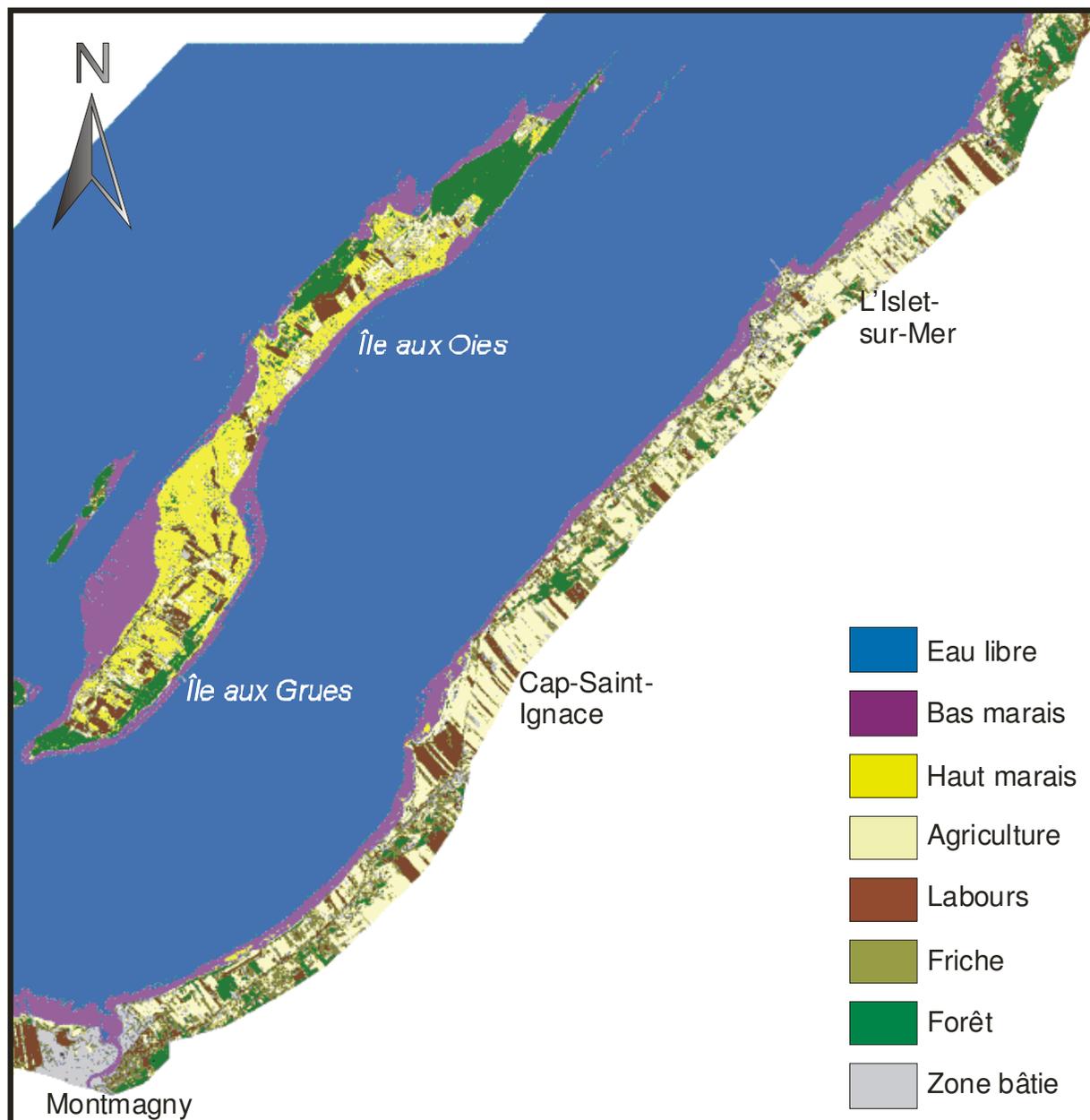
Classes	Code	Hectares
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i>	20	194,74
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> et autres plantes émergentes	43	722,61
Bas marais submergé à <i>Schoenoplectus pungens</i>	50	71,14
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> peu dense et/ou autres plantes émergentes	51	646,33
Haut marais	80	40,65
Haut marais à graminées hautes	81	110,29
Marécage arbustif	110	174,47
Marécage arboré	130	141,67
Total		2101,90

## 5.10 CLASSIFICATION DU SECTEUR D'ÉTUDE ESTUAIRE MOYEN

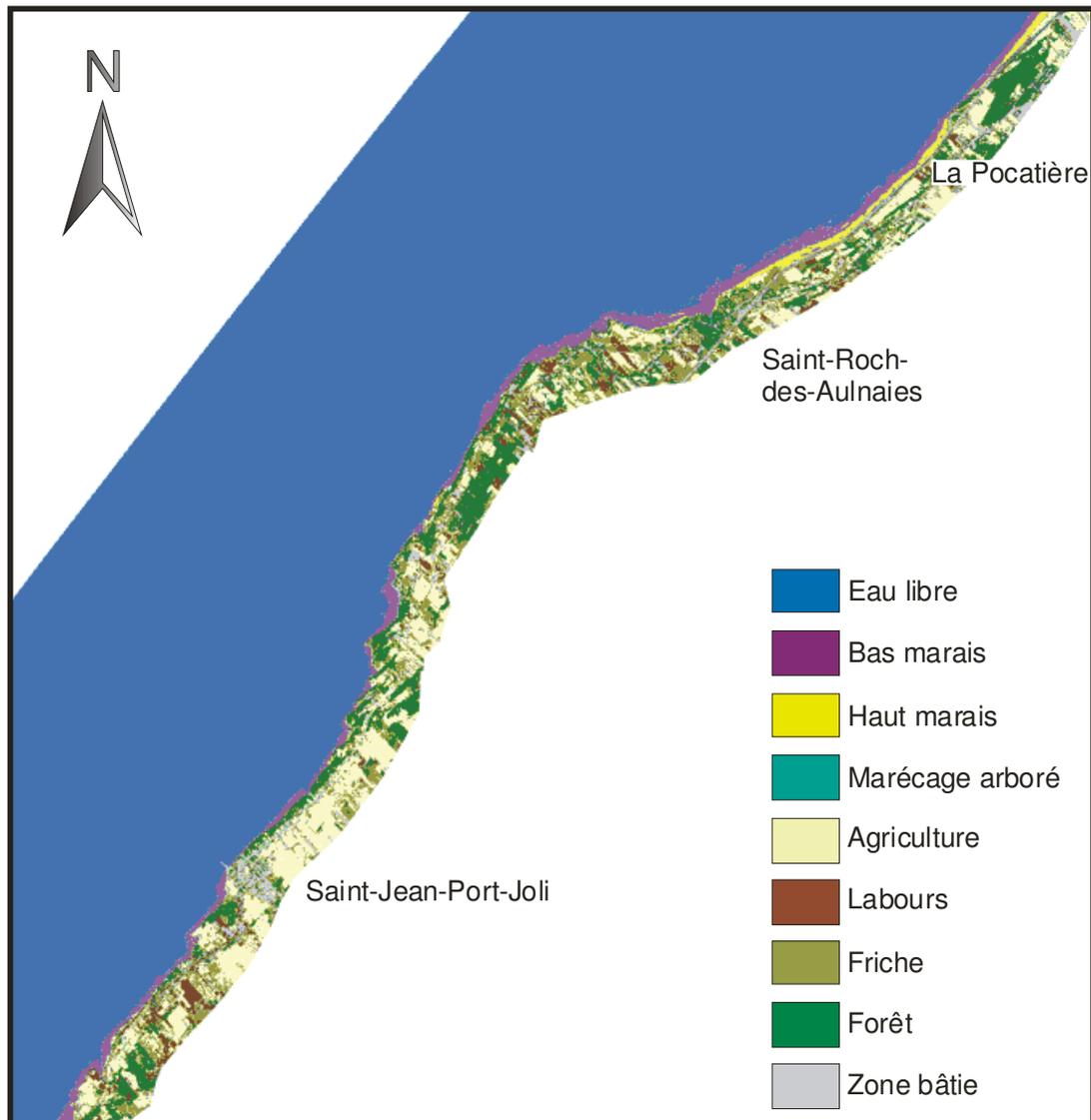
Le secteur d'étude Estuaire moyen, comme le montrent les figures 20 à 26, couvre un vaste territoire entre le cap Tourmente sur la rive nord et Cacouna, en aval de Rivière-du-Loup, sur la rive sud. Cette région réunit deux endroits propices aux oiseaux migrateurs : le cap Tourmente et l'île aux Grues. Les bas marais occupent une superficie totale d'environ 3430 ha. Les hauts marais occupent une superficie totale d'environ 2000 ha, et les marécages, un faible 85 ha.

Le bas marais à *Schoenoplectus pungens* est répandu sur le territoire jusqu'à Saint-Roch-des-Aulnaies (2372 ha), où le degré de salinité de l'eau excède le niveau de tolérance de l'espèce végétale. Un dernier groupement de marais à *Schoenoplectus pungens* a été identifié à l'embouchure de la rivière Ouelle, où l'apport en eau douce semble permettre une dernière apparition de cette espèce. Plusieurs types de bas marais existent à l'île aux Grues, mais l'absence de données de terrain pour les identifier nous a obligés à les réunir dans la seule classe dominante dans ce secteur, le marais à *Schoenoplectus pungens*. Nous pouvions distinguer plusieurs patrons

de couleur sur les images MEIS-II dans les zones de bas marais bordant l'île aux Grues. Ces patrons auraient pu correspondre à des classes de densité ou de végétation submergée ou émergente et auraient pu servir à distinguer les différents types de marais observés. Ce type d'information sera utile pour les prochaines cartographies.



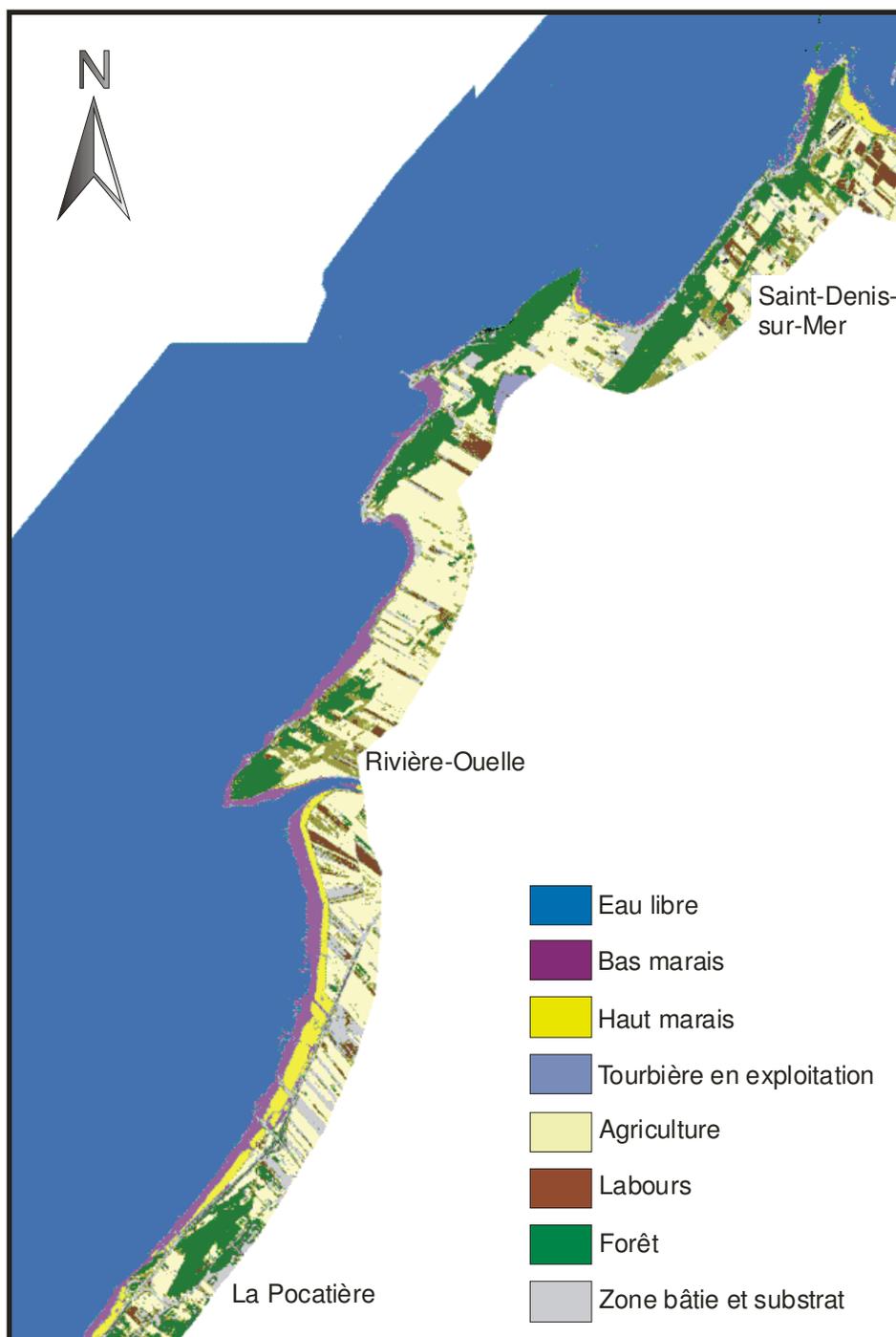
**Figure 21** Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire moyen (partie a)



**Figure 22** Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire moyen (partie b)

Les premières concentrations de *Spartina alterniflora* (tableau 12) apparaissent à la hauteur de Saint-Roch-des-Aulnaies, en remplacement du bas marais à *Schoenoplectus pungens*, et iront en se densifiant jusqu'à Cacouna (1055 ha). Cette espèce végétale domine l'ensemble du territoire. La pénétration de *Spartina alterniflora* dans le fleuve est plus évidente sur les cartes produites à l'aide de la télédétection que sur celles de Garneau (1984). À l'embouchure de la rivière du Loup, un secteur a été classifié « Eau libre peu profonde », alors qu'il aurait dû être associé à la classe « Bas marais à *Spartina alterniflora* ». Cette confusion entre ces deux classes

s'explique par la teinte verdâtre de l'eau qui est probablement due aux matières en suspension transportées par les fort courants de la rivière.

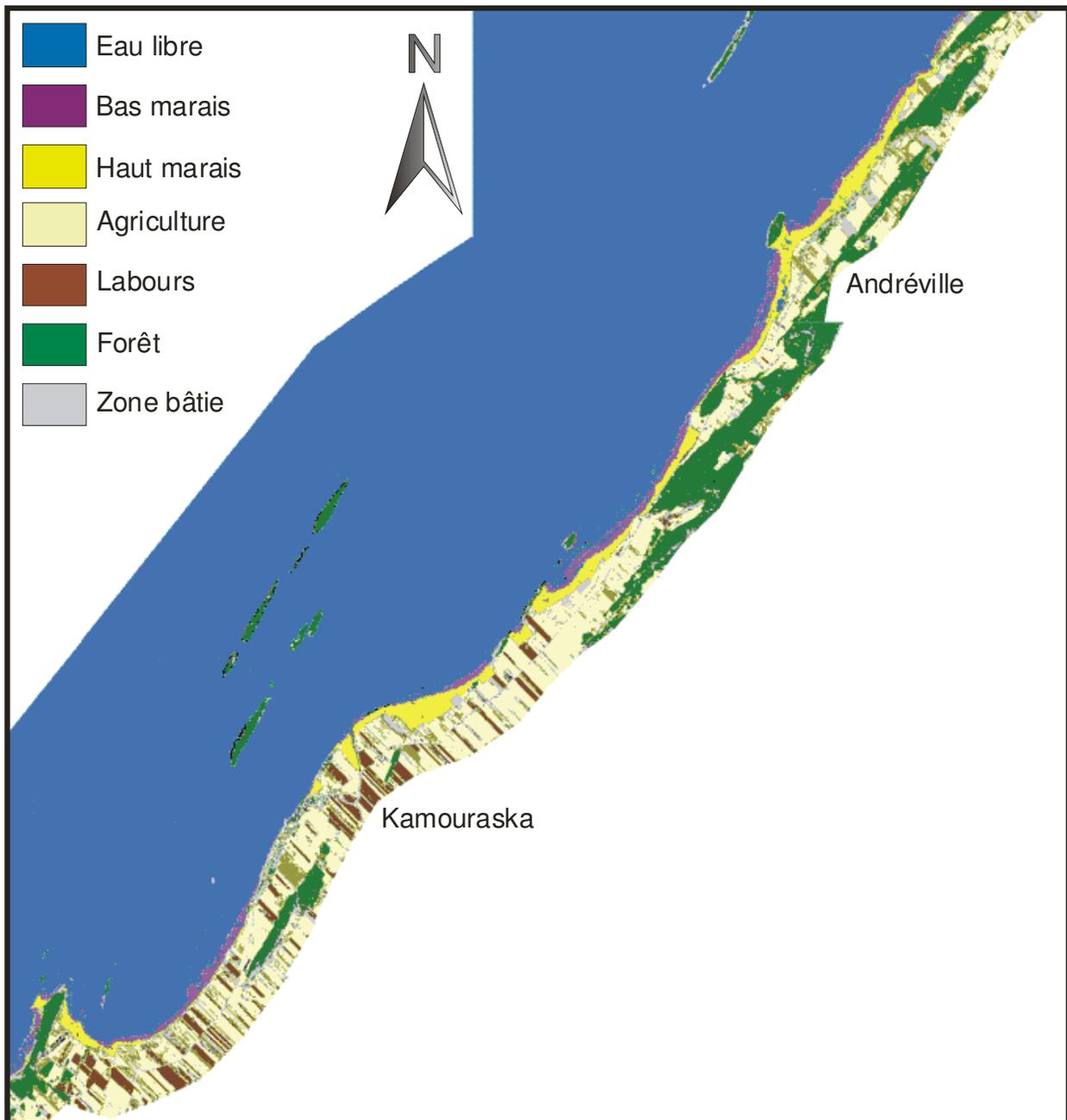


**Figure 23** Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire moyen (partie c)

**Tableau 12**  
**Milieux humides du secteur d'étude Estuaire moyen**

Classes	Code	Hectares
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i>	20	2040,64
Bas marais à <i>Spartina alterniflora</i>	28	1051,49
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> et autres plantes émergentes	43	266,49
Bas marais à <i>Spartina alterniflora</i> et à <i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.)	49	5,84
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> peu dense et/ou autres plantes émergentes	51	65,38
Haut marais	80	57,89
Haut marais à graminées hautes	81	99,70
Haut marais à <i>Carex</i> sp.	83	38,35
Haut marais à <i>Spartina pectinata</i>	85	9,72
Haut marais à affectation agricole	95	894,31
Haut marais salé	96	721,73
Haut marais à <i>Spartina patens</i>	97	108,91
Haut marais à <i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.) et à <i>Spergularia canadensis</i>	98	15,59
Haut marais à <i>Spartina patens</i> et à <i>Bolboschoenus maritimus</i> var. <i>paludosus</i>	99	21,39
Haut marais à <i>Spartina patens</i> et à <i>Hierochloe odorata</i>	100	2,37
Haut marais à <i>Spartina patens</i> et à <i>Plantago maritima</i>	101	28,72
Marécage arbustif	110	56,14
Marécage arboré	130	29,21
Tourbière en exploitation	159	23,03
Total		5536,90

Les hauts marais, que l'on retrouve beaucoup sur l'île aux Grues, réapparaissent à Cacouna. Entre ces deux secteurs, la classe générique « Haut marais salé » est utilisée pour décrire les groupements hétérogènes de ce type de milieu. Dans le secteur est de l'île aux Grues, au nord de Montmagny, une nouvelle classe « Haut marais en milieu sec » a été créée par Aménatech (1992) en raison des conditions particulières de l'utilisation du sol à cet endroit et de l'aspect « Haut marais » apparaissant sur les images en couleur composée. Lors de la reprise de ce secteur, dans la cartographie du tronçon Montmagny–Trois-Pistoles, cette classe a été renommée « Haut marais à affectation agricole ». L'aide de Michel Robert, du Service canadien de la faune, nous a permis de valider certaines informations relatives à l'occupation du sol à l'île aux Grues.



**Figure 24** Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire moyen (partie d)

Sur la figure 21, à la hauteur de Montmagny, une coupure de l'image entre le haut marais et le bas marais a été causée par la fusion du fichier traité par Aménatech (1992) avec celui traité au Centre Saint-Laurent. L'information contenue dans la cartographie de Dryade

(marais à Scirpe et quelques arbustaies) et l'aspect visuel de ce secteur sur les images ne permettait pas de distinguer ces deux occupations du territoire afin de corriger la cartographie.

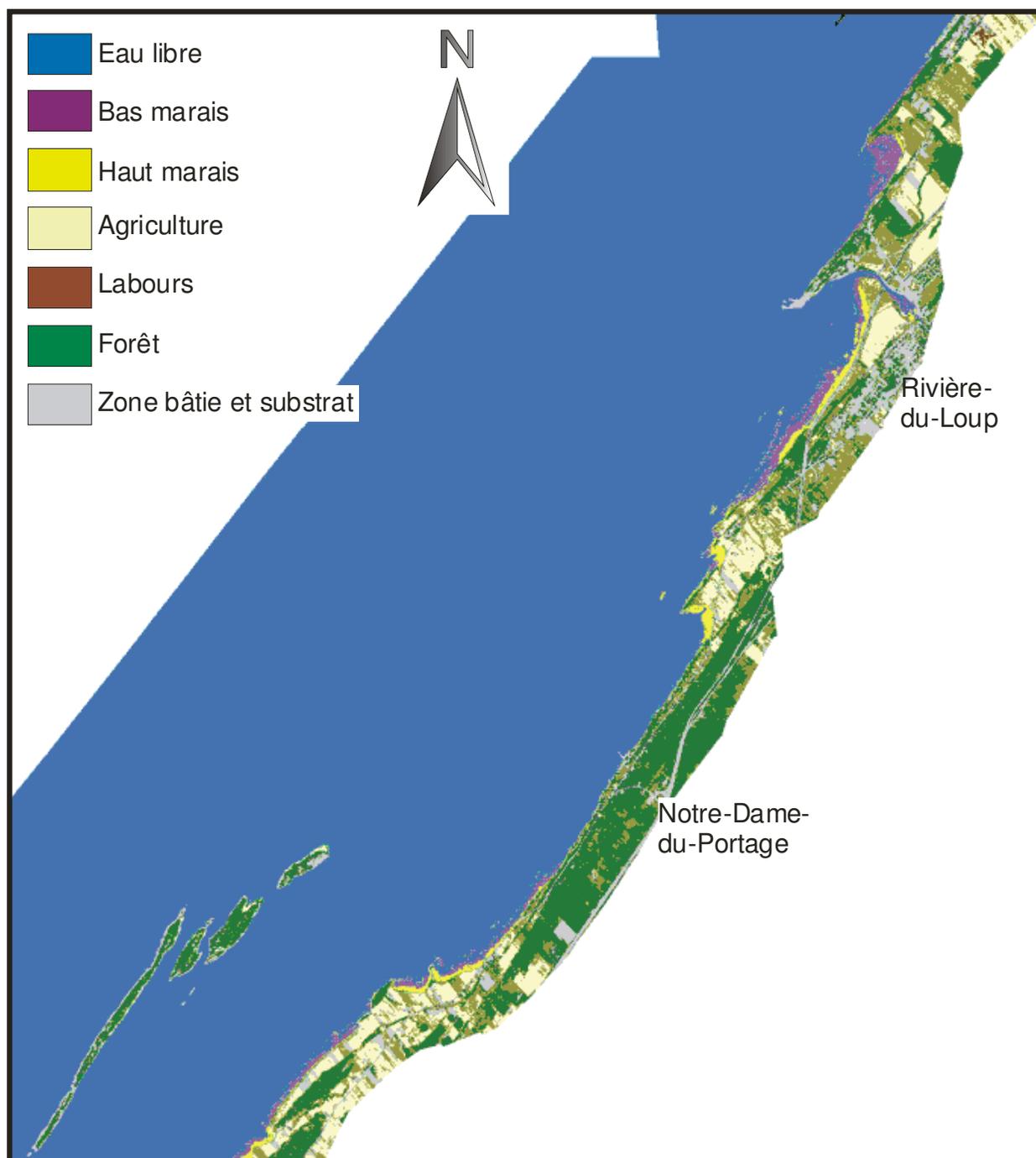


Figure 25 Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire moyen (partie e)

Certaines autres espèces (*Spartina patens*, *Plantago maritima*, *Bolboschoenus maritimus* var. *paludosus*, *Salicornia* sp. et *Spergularia* sp.) viennent enrichir les hauts marais dans la baie de Cacouna. Ces classes avaient été identifiées au bas marais dans l'ancienne nomenclature, mais la définition du haut marais étant plus large que celle de la prairie humide, un changement de catégorie a été nécessaire. La classe « Haut marais salé » domine sur *Spartina patens* dans les cartes de Dryade.

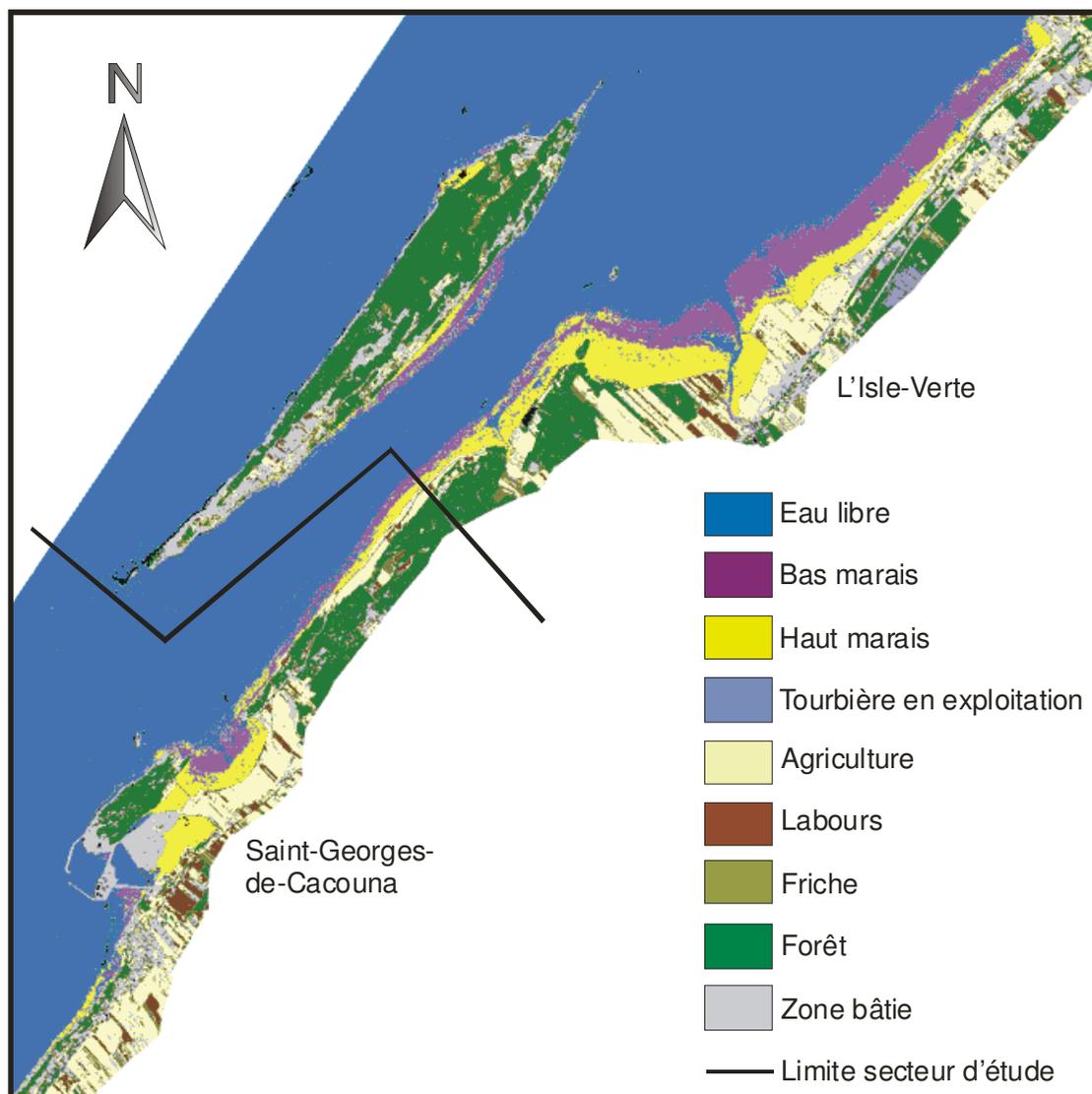
Les marécages ne se distinguent plus des forêts en aval de Montmagny. Toutefois, comme la Réserve nationale de faune du cap Tourmente fait partie du secteur d'étude Estuaire moyen, une superficie de plus de 80 ha de marécages est comptabilisée pour ce territoire.

La majeure partie du milieu sec de ce secteur a été classifiée à l'aide des cartes écoforestières du ministère des Forêts du Québec. C'est pourquoi dans le cas du tronçon Montmagny–Trois-Pistoles, nous avons abandonné la classification des marécages pour identifier les groupements forestiers à partir de ces cartes.

### **5.11 CLASSIFICATION DU SECTEUR D'ÉTUDE ESTUAIRE MARITIME**

Les images aéroportées ne couvrent qu'une très petite partie du secteur d'étude Estuaire maritime, qui englobe normalement tout l'estuaire maritime (figure 2). Les figures 26 et 27 montrent que le secteur couvert s'étend de l'aval de Cacouna jusqu'en aval de Trois-Pistoles. Ce secteur se démarque du précédent par la présence de l'anse de L'Isle-Verte qui est riche en espèces végétales. On y trouve deux classes de bas marais d'une superficie de plus de 838 ha et neuf classes de hauts marais de plus de 740 ha.

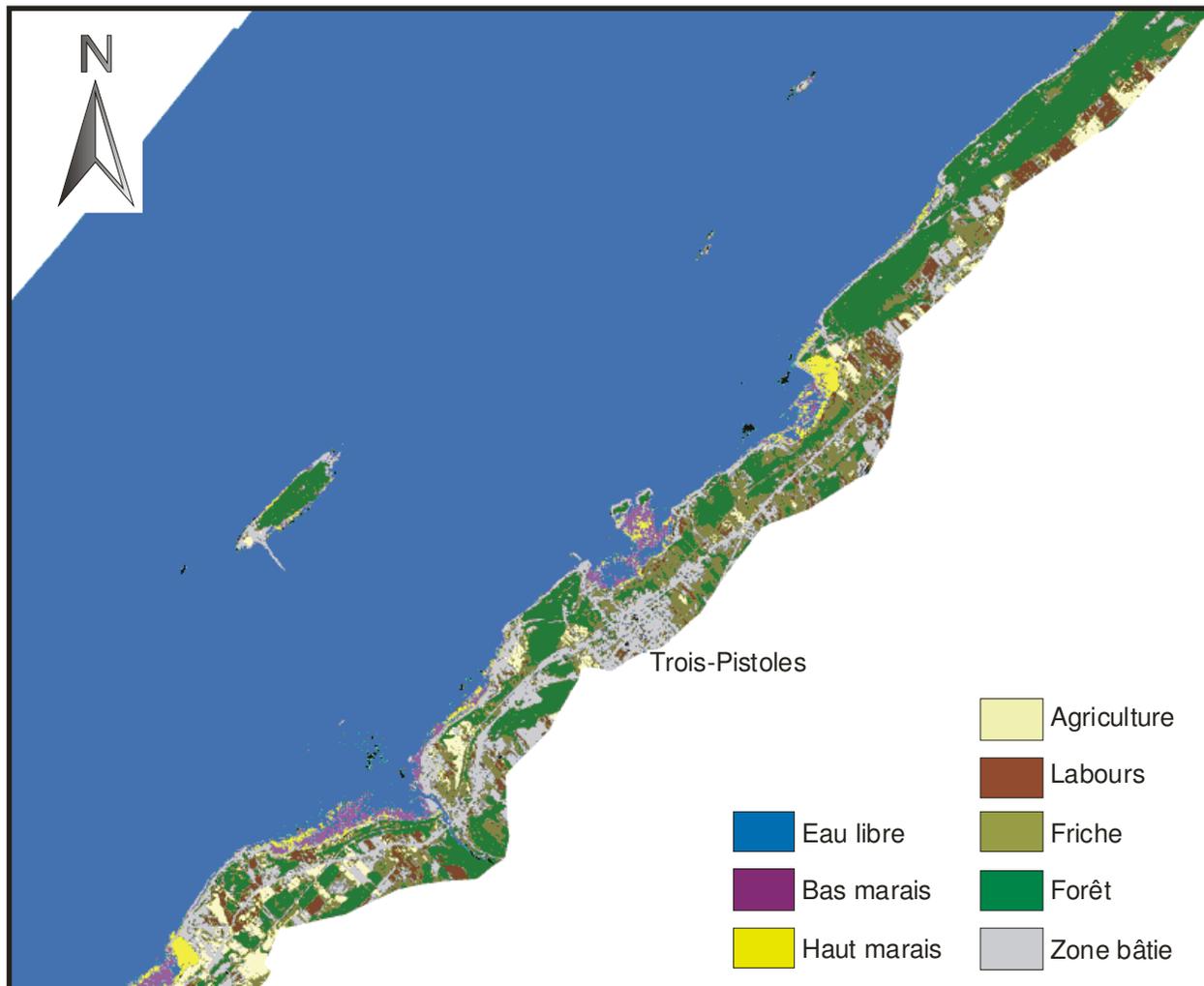
La classification de la portion L'Isle-Verte–Trois-Pistoles a été grandement facilitée par les travaux de terrain et de cartographie de Garneau (1984). La cartographie comportait un très grand nombre de classes réparties par espèce dominante. Cette cartographie correspond, pour beaucoup de classes, aux différents patrons identifiés sur les images de MEIS-II. La qualité radiométrique des images, l'absence totale de nuages ainsi qu'une masse d'eau assez claire ont permis de distinguer clairement les différentes classes.



**Figure 26** Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire maritime (partie a)

Une partie de l'aménagement du port de Cacouna semble ne correspondre ni aux milieux humides, ni aux milieux secs. Cette zone, qui semble vraiment être du haut marais, n'appartient pas aux deux autres classes de hauts marais (*Carex* sp. ou *Spartina pectinata*).

La participation de Jean Bachand, de la Société de conservation de la baie de L'Isle-Verte, à la validation de la cartographie nous a permis d'apporter certaines corrections à des secteurs plus problématiques. Par contre, certains secteurs ou groupements végétaux ont conservé leur identification originale.



**Figure 27** Cartographie du 3 septembre 1991 des milieux humides du secteur d'étude Estuaire maritime (partie b)

Le tableau 14 montre des correspondances entre les travaux de terrain et la cartographie pour certains transects. Il est possible de constater que les espèces dominantes correspondent assez bien à la validation faite sur le terrain. Cependant, certaines espèces identifiées sur le terrain sont difficiles à distinguer sur les images. Pour des raisons d'échelle de perception, nous avons préféré conserver certaines classes originales, plus générales, que d'identifier des classes très diversifiées qui ne s'appliqueraient pas à tout le secteur cartographié. La plus grande différence s'applique aux zones où sont présents *Spartina pectinata*, *Calamagrostis canadensis* et *Epilobium* sp. Ces espèces se rencontrent parfois dans des zones plus élevées, inondées par les grandes marées. Il est difficile de les distinguer des champs de fourrage et des pâturages

avoisinants. Dans le secteur de l'île Ronde, il est impossible de distinguer *Spartina pectinata* de *Spartina patens* sur les images.

**Tableau 13**  
**Milieux humides du secteur d'étude Estuaire maritime (tableau partiel)**

Classes	Code	Hectares
Bas marais à <i>Spartina alterniflora</i>	28	637,43
Bas marais à <i>Spartina alterniflora</i> et à <i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.)	49	200,72
Haut marais à <i>Carex</i> sp.	83	21,47
Haut marais à <i>Spartina pectinata</i>	85	55,41
Haut marais à affectation agricole	95	2,26
Haut marais salé	96	60,11
Haut marais à <i>Spartina patens</i>	97	349,63
Haut marais à <i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.) et à <i>Spergularia canadensis</i>	98	59,63
Haut marais à <i>Spartina patens</i> et à <i>Bolboschoenus maritimus</i> var. <i>paludosus</i>	99	104,01
Haut marais à <i>Spartina patens</i> et à <i>Hierochloe odorata</i>	100	53,07
Haut marais à <i>Spartina patens</i> et à <i>Plantago maritima</i>	101	36,63
Tourbière en exploitation	159	36,96
Total		1617,33

**Tableau 14**  
**Validation de terrain de la Société de conservation de la baie de L'Isle-Verte**

Commentaires de Jean Bachand	Résultats par télédétection
<i>Spartina patens</i> + <i>Hierochloe odorata</i> + <i>Scirpus</i> sp.	<i>Spartina patens</i> + <i>Bolboschoenus maritimus</i> var. <i>paludosus</i>
<i>Spartina patens</i> + <i>Ordeum jubatum</i>	<i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.) et <i>Spergularia canadensis</i> + <i>Spartina patens</i> et <i>Bolboschoenus maritimus</i> var. <i>paludosus</i> + <i>Spartina patens</i>
<i>Spartina alterniflora</i> + <i>Plantago maritima</i> + <i>Spergularia canadensis</i> + <i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.) + <i>Puccinellia paupercula</i>	<i>Spartina patens</i> et <i>Plantago maritima</i> + <i>Spartina alterniflora</i> et <i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.)
<i>Spartina patens</i>	<i>Spartina patens</i>
<i>Spartina patens</i> + <i>Ordeum jubatum</i>	<i>Spartina patens</i> + <i>Spartina patens</i> et <i>Plantago maritima</i>
<i>Spartina pectinata</i>	<i>Spartina patens</i>
<i>Calamagrostis canadensis</i> + <i>Epilobium</i> sp.	Agriculture
<i>Spartina pectinata</i>	Agriculture

En milieu sec, les classes d'arborescents ont été choisies en fonction des cartes écoforestières du ministère des Forêts du Québec. Seule la classe « Tourbière en exploitation » pourrait, éventuellement, être considérée comme une classe de milieux humides. Mais les tourbières n'occupent qu'une très faible superficie dans le premier kilomètre de rive (34 ha).

## 6 Discussion

La discussion qui suit porte essentiellement sur la classification de la végétation, la qualité de l'eau et sur la résolution ou le niveau de classification atteints pour les milieux humides. Les éléments de la discussion proviennent, dans l'ensemble, des rapports d'Aménatech (1992a, 1992b, 1991). De ce fait, pour alléger le texte, nous n'avons pas mis entre guillemets le texte qui provient intégralement de ces rapports. Les parties ajoutées portent surtout sur le secteur Montmagny–Trois-Pistoles, cartographié par le Centre Saint-Laurent. Afin d'être cohérent avec le texte précédent, la nomenclature de la classification québécoise des milieux humides (Buteau *et al.*, 1994) remplace celle de Jacques et Hamel (1982) dans l'ensemble des propos, toutes sources confondues.

### 6.1 CLASSIFICATION DE LA VÉGÉTATION

Il existe diverses méthodes pour classifier la végétation, et les références cartographiques utilisées en illustrent trois :

- a) Pour la Réserve nationale de faune du lac Saint-François, Melançon et de Repentigny (1981) ont classé la végétation grâce à un inventaire phytosociologique. À la suite des travaux de terrain, les relevés de végétation comportant le plus d'affinités relativement aux caractéristiques de l'habitat, de la physionomie<sup>5</sup> et de la composition du couvert végétal ont été réunis. On a assigné à ces groupements un nom référant aux espèces dominantes et codominantes. Il arrive parfois qu'une espèce moins abondante, mais relativement fréquente, soit utilisée pour désigner le groupement afin de traduire une différence du groupement qui correspond en général à une caractéristique particulière du milieu.
- b) Dans le secteur des îles de Boucherville, des îles de Varennes et de l'île Sainte-Thérèse, Pilon *et al.* (1980) ont fait ressortir la physionomie de la végétation sur les cartes à l'aide d'une trame, et chaque unité cartographiée a été désignée par une ou plusieurs espèces caractéristiques.

Les milieux humides de ce même secteur ont été cartographiés de nouveau en 1983 par Jacques (1983), et comme dans le cas du lac Saint-Louis, du bassin de La Prairie et du lac Saint-Pierre, le système de classification des terres humides de Jacques et Hamel (1982) a servi à la cartographie de la végétation. Ce système, mis au point

---

<sup>5</sup> En écologie végétale, le terme « physionomie de la végétation » inclut le type de couvert, la structure de la végétation, le stade de développement, le type de perturbation le cas échéant et les caractéristiques des strates inférieures (Jurdant *et al.*, 1977).

pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, vise à simplifier et à accélérer la description de la végétation pour évaluer le potentiel faunique des milieux humides. Cette méthode est basée sur des classes préétablies à partir de la physionomie de la végétation et des deux principales espèces qui dominent le couvert végétal (type de dominance et type de station).

Indépendamment du système de classification utilisé, on a accordé une priorité au pourcentage de recouvrement des végétaux dans le choix des espèces pour décrire l'unité cartographique. Ainsi, le recouvrement à 25 p. 100 par des arbres ou des arbustes dans une unité à prédominance d'herbacées lui vaudra d'être classée marécage arboré ou arbustif, selon le cas. De même, dans une unité de sol dénudé, où serait notée la présence d'herbacées sur 25 p. 100 de la superficie du site, la désignation serait attribuée à l'espèce dominante d'herbacées. Cette interprétation soulève d'ailleurs quelques problèmes de transposition de l'information aux images aéroportées. Cette hiérarchie arbitraire de la végétation n'est en effet pas traduite par la classification des images.

Par ailleurs, la proportion de chaque espèce dans la dominance ou la codominance d'une unité peut beaucoup varier et influencer la caractéristique spectrale au moment de la classification. Il peut également se produire une scission de certaines unités composées d'une mosaïque de petits groupements végétaux et qui sont ordinairement regroupés par la cartographie conventionnelle.

- c) Dans le cas des îles de Contrecoeur classifiées par Aménatech (1991), il a été relativement facile de contourner ces problèmes puisque l'on disposait de photographies aériennes récentes (août 1990) et de plus de 100 relevés au sol décrivant la végétation et permettant d'identifier les légères différences qui apparaissent après la classification de l'image. Pour le reste du territoire, l'absence de référence au sol a constitué une contrainte majeure.

## **6.2 LA QUALITÉ DE L'EAU**

La qualité de l'eau est apparue dans le cadre de ce mandat comme une contrainte nouvelle que la cartographie des trois sites-tests (Aménatech, 1991) n'avait pas identifiée. Ce problème est particulièrement évident dans le cas du lac Saint-Louis et des bassins de La Prairie où la présence des eaux brunes chargées de sédiments de l'Outaouais et des eaux vertes et claires des Grands Lacs crée une certaine confusion dans la classification des eaux peu profondes de densités variables.

De plus, de fortes concentrations de matières en suspension, causées soit par l'érosion des rives ou par l'apport de tributaires, masquent le fond de l'eau à divers degrés.

À cela s'ajoutent, pour tout le territoire, les effets particulièrement marqués dans le milieu aquatique des corrections radiométriques des bandes juxtaposées pour chacun des secteurs d'étude. Ces effets sont tels que les eaux peu profondes peu denses en végétation du secteur Valleyfield-Beauharnois n'ont pu être cartographiés.

### **6.3 RÉOLUTION OU NIVEAU DE CLASSIFICATION ATTEINT POUR LES MILIEUX HUMIDES**

La classification des milieux humides par le traitement des images aéroportées permet d'établir une distinction assez juste entre les grandes catégories de végétaux que l'on peut aisément faire correspondre à des classes physionomiques. À titre d'exemple, on peut mentionner les eaux peu profondes à végétation submergée, les eaux peu profondes à végétation flottante et à algues filamenteuses, les bas marais à végétation émergente angustifoliée (*Typha* spp., *Scirpus* spp., *Eleocharis palustris*, *Sparganium eurycarpum* et *Butomus umbellatus*) et latifoliée (*Sagittaria* spp.), les hauts marais, les marécages arbustifs et arborés.

Pour une région donnée, certaines de ces classes peuvent être corrélées à des groupes d'espèces particulières. Ainsi, il est possible pour le territoire étudié de distinguer des particularités régionales dans les eaux peu profondes à végétation submergée. Dans le lac Saint-Louis, le bassin de La Prairie et les îles de Boucherville, des eaux peu profondes à *Myriophyllum spicatum*, qui atteignent la surface de l'eau à la fin de l'été, ont été repérées. Les eaux peu profondes à végétation flottante sont les plus fréquentes au lac Saint-Pierre, dans le secteur de la baie Saint-François. Elles se distinguent facilement à la manière dont elles réfléchissent la lumière en raison de la position horizontale de leur feuillage. Même à cette échelle, on observe dans la portion Trois-Rivières–Québec les changements dus au passage progressif d'un régime sans marée à celui à marée d'eau douce, caractéristique de l'estuaire fluvial. Il est toutefois impossible, dans le cas du tronçon Trois-Rivières–Québec, de distinguer des particularités régionales dans les eaux peu profondes à végétation submergée. Ces milieux sont relativement abondants dans le tronçon Pointe-du-Lac–Portneuf, et en particulier dans le secteur de la grande batture de Gentilly. Toutefois, en aval de Portneuf, la végétation submergée n'est plus désignée comme eau peu profonde mais plutôt comme bas marais à *Schoenoplectus pungens* submergé. D'après les références consultées (cartes et photographies), il semblerait qu'il s'agisse de portions d'un groupement à *Schoenoplectus pungens* submergées par la marée.

Toujours dans la région du lac Saint-Pierre, la partie profonde du bas marais est généralement associée à *Schoenoplectus pungens* et à *Scirpus lacustris*. Dans le couloir fluvial (Valleyfield-Longueuil) et le lac Saint-François, ces bas marais se composent généralement de *Typha angustifolia*. Dans le secteur de Dundee (lac Saint-François), cette plante émergente robuste est facilement reconnaissable en raison des parties de la plante restées sur pied durant l'hiver précédent et qui, en l'absence d'activité photosynthétique, ressortent nettement dans la bande spectrale rouge (canal 2). Dans le tronçon Trois-Rivières-Québec, la partie profonde des bas marais est moins diversifiée qu'en amont. Comme dans la région du lac Saint-Pierre, les bas marais localisés entre Trois-Rivières et Portneuf sont en général associés au groupement à *Schoenoplectus pungens* ou au groupement à *Schoenoplectus pungens* et à *Scirpus lacustris*. *Eleocharis palustris* peut également être confondue au sein de ces classes. Dans la portion Portneuf-Saint-Nicolas, les bas marais sont aussi largement dominés par *Schoenoplectus pungens*, mais en l'absence de références plus exactes, les espèces compagnes sont ici simplement décrites comme autres plantes émergentes. À partir du secteur d'étude Québec-Lévis, où les groupements à *Schoenoplectus pungens* sont de plus en plus développés, les classes retenues font davantage référence à la densité et/ou à la composition du groupement (*Schoenoplectus pungens*, *Schoenoplectus pungens* et/ou autres plantes émergentes denses ou peu denses, ...). Les autres plantes émergentes sont sans doute les espèces décrites par Doran (1981) telles que *Zizania aquatica* var. *brevis*, *Sagittaria latifolia*, *Sagittaria cuneata* et *Eleocharis erythropoda*. Sans validation sur le terrain, il est toutefois impossible de vérifier la valeur de la définition de ces classes et de les corréler avec les groupements décrits par Doran (1981).

Le bas marais est plus diversifié dans sa partie moins profonde. On peut distinguer les bas marais dominés par les plantes émergentes de grande taille (*Typha angustifolia* et *latifolia*) et à feuilles étroites (*Sparganium eurycarpum*, *Butomus umbellatus*, *Eleocharis palustris*), ceux dominés par *Bolboschoenus fluviatilis*, dont la signature spectrale est influencée par son extrémité formée d'un bouquet de bractées involucales, et ceux à plantes émergentes à feuilles larges (*Sagittaria latifolia*, *Sagittaria rigida*, plus rarement et seulement au lac Saint-Pierre, *Pontederia cordata*). Dans la partie peu profonde des bas marais du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour, on peut encore distinguer ceux dominés par les plantes émergentes à feuilles étroites (*Typha angustifolia*, *Typha latifolia*, *Sparganium eurycarpum*, *Butomus umbellatus*, *Eleocharis*

*palustris*, *Scirpus americanus*, *Scirpus lacustris*) et ceux à plantes émergentes à feuilles larges (*Sagittaria latifolia*, *Sagittaria rigida*).

Progressivement entre Trois-Rivières et Québec, les rives du fleuve se font de plus en plus escarpées. La présence de végétation riveraine est alors étroitement associée à la plaine inondable à l'embouchure des rivières. En aval de Québec, on trouve localement des zones riveraines bien développées (cap Tourmente, île aux Grues, etc.).

Certains hauts marais se composent presque essentiellement de graminées, d'où l'utilisation du synonyme prairie humide. Les graminées sont généralement réduites à une étroite bande bordant les rives, où elles colonisent les terres abandonnées en zone inondable. Au lac Saint-Louis, au lac Saint-Pierre et dans le couloir fluvial, les espèces végétales comme *Phalaris arundinacea*, *Calamagrostis canadensis* et *Spartina pectinata*, qui dominent leur couvert, ne peuvent être distinguées entre elles. Au lac Saint-François, ce sont *Carex aquatilis* et *Carex lacustris* qui occupent cette niche physionomique. Au lac Saint-Pierre, une espèce latifoliée, *Lythrum salicaria*, se retrouve parfois en abondance dans le haut marais, mais il a été impossible de l'y distinguer. D'après les références, *Phalaris arundinacea* est dominant entre Trois-Rivières et Portneuf, mais il est souvent remplacé par *Calamagrostis canadensis* et *Spartina pectinata* en aval de Portneuf. Dans le secteur d'étude Québec-Lévis et plus particulièrement dans le secteur mieux connu du cap Tourmente, ce sont *Carex aquatilis* et *Carex paleacea* qui occupent souvent cette niche physionomique. *Lythrum salicaria* y est parfois très abondante, mais il a été impossible de l'y distinguer. En aval de la région de Montmagny, nous n'identifierons d'autres hauts marais qu'à la hauteur de Cacouna et de l'Isle-Verte. Les travaux de Michelle Garneau (1984) ont identifié trois types de hauts marais :

- a) le groupement à *Carex paleacea* et à *Festuca rubra*;
- b) le groupement à *Spartina pectinata* et à *Hierochloa odorata*;
- c) le groupement à *Calamagrostis canadensis* et à *Sanguisorba canadensis*.

Trois types de hauts marais ont aussi été retenus dans la cartographie :

- a) le haut marais à *Carex* sp.;
- b) le haut marais à *Spartina pectinata*;
- c) le haut marais à affectation agricole.

La partie basse du haut marais, bien qu'à prédominance de graminées (*Agrostis stolonifera*, *Agropyron repens*, *Poa pratensis*, etc.), possède en général une plus grande diversité d'espèces que la partie supérieure du haut marais. Elle est rare sur l'ensemble du territoire cartographié.

Les hauts marais salés n'apparaissent vraiment qu'à partir de la région de Saint-Roch-des-Aulnaies, en amont de La Pocatière. Cette classe se rencontre dans la partie supérieure de la zone inondable. Elle remplace les classes de hauts marais jusqu'à Cacouna, où les hauts marais salés et les hauts marais cohabitent de nouveau. L'absence d'information entre La Pocatière et Cacouna nous empêche d'aller plus loin dans l'identification possible des hauts marais. Il se peut que les hauts marais salés soient en partie de hauts marais d'eau douce.

Les marécages arbustifs se composent en général de diverses espèces de saules non différenciées. Au lac Saint-Louis, on note toutefois la prédominance de zones arbustives à *Cephalanthus occidentalis*, alors qu'au lac Saint-François, *Alnus rugosa* domine ce type d'habitat. Les marécages arbustifs se distinguent bien des marécages arborés, à moins qu'ils ne soient formés des mêmes espèces (comme *Salix nigra* au lac Saint-Pierre). Dans le tronçon Trois-Rivières-Québec, les marécages arbustifs sont peu fréquents et dominés par *Salix* spp. et *Alnus rugosa*. Ils bordent généralement les rives. Lorsqu'ils sont plus étendus, ils résultent la plupart du temps de perturbations dans le marécage arboré et en sont souvent indissociables.

Enfin, les marécages arborés ne peuvent être distingués à l'espèce. On associe toutefois davantage les érablières argentées et les saulaies au tronçon fluvial et au lac Saint-Pierre, et les érablières rouges, au lac Saint-François. C'est également dans cette dernière région que la présence de résineux (*Larix laricina*) est notée dans la plaine inondable. En aval, on sait toutefois que la dominance d'*Acer saccharinum* caractérise les rares secteurs où le marécage arboré est bien développé, comme à Bécancour et à Gentilly. Vers l'est, la nature des rives crée des conditions qui favorisent en général d'autres espèces comme *Fraxinus americana*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Populus deltoïdes* et *Ulmus americana*. *Salix nigra* et *Salix fragilis* forment souvent une frange discontinue à la bordure de l'eau. À partir du secteur de Montmagny et jusqu'à Trois-Pistoles, nous ne retrouvons plus de marécages (arbustif ou arboré). L'ensemble du couvert forestier a été identifié : feuillus, conifères ou mixte. Certaines tourbières en exploitation

ont toutefois été identifiées légèrement en aval de la rivière Ouelle et dans la région de L'Isle-Verte.

## 7 Conclusion

La classification des milieux humides et celle des milieux secs doivent se faire séparément, et plus particulièrement celle du territoire agricole, car il existe un risque important de confondre des classes de milieux humides avec des classes d'agriculture.

Les images aéroportées de télédétection ne permettent pas en elles-mêmes d'arriver à identifier les espèces dominantes et codominantes, mais elles offrent le moyen d'identifier des classes physionomiques auxquelles la consultation de documents de référence et des travaux de terrain permettent d'associer des groupes d'espèces particulières.

La précision de la cartographie dépend beaucoup des informations qui existent déjà sur le secteur étudié. Ainsi, 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 L'Isle-Verte ont été documentés récemment et permettent une identification précise des différentes classes physionomiques qui apparaissent sur les images. Cependant, certains secteurs n'ont pas été classifiés avec autant de précision ou de validation.

La qualité des images constitue également un facteur important pour la précision de la cartographie. La présence de nuages à Cornwall et au-dessus des îles de Berthier-Sorel ainsi qu'un voile atmosphérique ont enlevé le degré de précision des images nécessaire pour différencier certains groupements physionomiques.

Le présent document procure une vision du début des années 1990 de l'état des milieux humides le long du Saint-Laurent et peut servir de point de départ à un programme de suivi de l'évolution de ces écosystèmes importants le long du Saint-Laurent.

## Références

- Aménatech Inc. (1992a). *Cartographie des marais, marécages et herbiers de Trois-Rivières à Montmagny au moyen de la télédétection aéroportée*. Environnement Canada, Conservation et Protection, Centre Saint-Laurent, 34 pages + cartes.
- Aménatech Inc. (1992b). *Cartographie des marais, marécages et herbiers de Cornwall à Trois-Rivières pour 1 km de rive avec le capteur MEIS-II*. Environnement Canada, Conservation et Protection, Centre Saint-Laurent, 44 pages + cartes.
- Aménatech Inc. (1991). *Cartographie des milieux humides du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II – Secteurs choisis entre Cornwall et Trois-Rivières*. Environnement Canada, Conservation et Protection, Centre Saint-Laurent, 36 pages.
- Blouin, J.L. et M.M. Grandtner (1971). *Étude écologique et cartographie de la végétation du comté de Rivière-du-Loup*. Ministère des Terres et Forêts, Québec. Mémoire n° 6, 371 pages.
- Burton, J. (1991). *L'intégration des aspects bio-physiques et socio-économiques à l'échelle régionale*. Environnement Canada, Conservation et Protection, Centre Saint-Laurent, 50 pages.
- Buteau, P., N. Gignard et P. Grondin (1994). *Système de classification des milieux humides du Québec*. Ministère des Ressources naturelles, Québec, 25 pages.
- Cantin, M. (1974). *Marais intertidaux de la région de Kamouraska*. Environnement Canada, Service canadien de la faune, 13 pages.
- Darbyshire, S.J., M. Favreau et M. Murray (2000). *Noms populaires et scientifiques des plantes nuisibles du Canada. Revu et augmenté*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche. Publication 1397/B, 132 pages.
- Doran, M.-A. (1981). *Utilisation par la Grande Oie blanche (Anser caerulescens atlanticus) de la végétation dans le marais intertidal de la Réserve nationale de faune du cap Tourmente, Québec*. Environnement Canada, Service canadien de la faune, Région du Québec, 45 pages.
- Dryade (Le Groupe) (1980). *Habitats propices aux oiseaux migrants le long des rives du Saint-Laurent, de la rivière des 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*. Environnement Canada, Service canadien de la faune, Région du Québec, 66 pages et atlas cartographique à l'échelle du 1 : 20 000.

- Farrar, J.L. 1996. *Les arbres du Canada*. Fides et le Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, avec la collaboration du Groupe Communication Canada – Édition, Approvisionnements et Services Canada.
- Fleurbec (1987). *Plantes sauvages des lacs, rivières et tourbières*. « Guide d'identification Fleurbec ».
- Fleurbec (1983). *Plantes sauvages des villes, des champs et en bordure des routes. Volume 2*. « Guide d'identification Fleurbec ».
- Garneau, M. (1984). « Cartographie et phyto-écologie du territoire côtier Cacouna-Isle-Verte ». Université Laval, Faculté des Lettres. Mémoire de maîtrise, 338 pages + annexes.
- Gauthier, J., D. Lehoux et J. Rosa (1980). *Les marécages intertidaux dans l'estuaire du Saint-Laurent*. Environnement Canada, Service canadien de la faune, 91 pages.
- Grandtner, M.M. (1975). «Les marais salés du Parc national Forillon, Québec, Canada». *Colloques phytosociologiques internationaux de Lille*, Partie 4 - La végétation des vases salées, 10-14 sept. 1975, 19 pages.
- Groupe de travail national sur les terres humides (1988). *Terres humides du Canada*. Environnement Canada, Service canadien de la faune, Direction du développement durable, Ottawa, et Polyscience Publications Inc., Montréal. « Série de la classification écologique du territoire », n° 24, 452 pages.
- Jacques, D. (1986). *Cartographie des terres humides et des milieux environnants du lac Saint-Pierre*. Denis Jacques enr., pour la Corporation de la mise en valeur du lac Saint-Pierre, 70 pages + annexe cartographique (1 : 10 000).
- Jacques, D. (1985). *Végétation des terres humides du lac Saint-Pierre*. Denis Jacques enr., pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Cartographie au 1 : 10 000.
- Jacques, D. et C. Hamel (1982). *Système de classification des terres humides du Québec*. Université du Québec à Montréal, Département des Sciences biologiques, Laboratoire d'étude des macrophytes aquatiques, pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Québec, 131 pages.
- Jurdant, M., J.-L. Bélair, V. Gerardin et J.-P. Ducruc (1977). *L'inventaire du Capital-Nature*. Pêches et Environnement Canada. Québec.
- 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, 114 pages.
- Marie-Victorin, F.E.C. (1997). *Flore laurentienne, 3<sup>e</sup> édition mise à jour et annotée, 1995*. Les Presses de l'Université de Montréal. Première réimpression revue et corrigée, Montréal.

- Marie-Victorin, F. (1964). *Flore laurentienne – 2<sup>e</sup> édition entièrement revue et mise à jour par E. Rouleau*. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 925 pages.
- Paul, S., A. Alouges, H. Bonneval et L. Pontier (1982). *Dictionnaire de télédétection aérospatiale*. Masson, Paris.
- Pilon, C., J.-M. Boisvert, D. Carrière, J. Champagne, P. Chevalier, D. Le Quère, V. Sicard et G. Sylvain (1980). *Les îles du Saint-Laurent de Boucherville à Contrecoeur : environnement biophysique*. Université de Montréal, Centre de recherches écologiques de Montréal, 292 pages.
- Reed, A. et G. Moisan (1971). « The *Spartina* tidal marshes of the St. Lawrence Estuary and their importance to aquatic birds ». *Le Naturaliste canadien*, 98 : 905-922.



# **Annexe**



## Nomenclature des noms scientifiques, français et anglais des espèces végétales

Nom scientifique	Nom français	Nom anglais
<i>Acer rubrum</i>	Érable rouge	Red Maple
<i>Acer saccharinum</i>	Érable argenté	Silver Maple
<i>Agropyron repens</i>	Chiendent	Couch-grass
<i>Agrostis stolonifera</i>	Agrostide blanche	Red-top
<i>Ascophyllum nodosum</i>	Ascophylle noueuse	Knotted Wrack
<i>Atriplex prostrata</i>	Arroche hastée	Hastate Atriplex
<i>Bolboschoenus fluviatilis</i>	Scirpe fluviatile	River Bulrush
<i>Bolboschoenus maritimus</i> var. <i>paludosus</i>	Scirpe maritime	Cosmopolitan Bulrush
<i>Brasenia</i> Schreb.	Brasénie	Brasenia
<i>Butomus umbellatus</i>	Butome à ombelle	Flowering Rush
<i>Calamagrostis canadensis</i>	Calamagrostis du Canada	Bluejoint
<i>Carex</i> sp.	Carex	Sedges
<i>Carex aquatilis</i>	Carex aquatique	Aquatic Sedge
<i>Carex lacustris</i>	Carex lacustre	Lake Sedge
<i>Carex paleacea</i>	Carex paléacé	Chaffy Sedge
<i>Cephalanthus occidentalis</i>	Céphalante occidental	Botton-bush
<i>Chara</i> sp.	Charas	Chara
<i>Eleocharis erythropoda</i>	Éléocharide à tiges rouges	Bald spikerush
<i>Eleocharis palustris</i>	Éléocharide des marais	Common spikerush
<i>Elodea</i> sp.	Élodées	Waterweed
<i>Epilobium</i> sp.	Épilobes	Willow-herb
<i>Festuca rubra</i>	Fétuque rouge	Red Fescue-grass
<i>Fraxinus americana</i>	Frêne d'Amérique	White Ash
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Frêne rouge <sup>1</sup>	Red Ash <sup>1</sup>
<i>Fucus</i> sp.	Fucus	Wrack
<i>Fucus edentatus</i>	Fucus bifide	Rockweed
<i>Fucus vesiculosus</i>	Fucus vésiculeux	Bladder Wrack
<i>Glaux maritima</i>	Glaux maritime	Sea Milkwort
<i>Hierochloa odorata</i>	Hiérochloé odorante	Vanilla Grass
<i>Hordeum jubatum</i>	Orge agréable	Foxtail Barley
<i>Juncus arcticus</i> var. <i>balticus</i>	Jonc de la Baltique	Baltic Rush
<i>Laminaria</i> sp.	Laminaires	Kelp
<i>Larix laricina</i>	Mélèze laricin	Tamarack
<i>Lythrum salicaria</i>	Salicaire commune <sup>2</sup>	Purple Loosestrife
<i>Myriophyllum</i> sp.	Myriophylles	Watermilfoil
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Myriophylle à épi	Eurasian Watermilfoil
<i>Nuphar</i> sp.	Nénuphars	Pond-lily
<i>Nymphaea</i> sp.	Nymphéas	Waterlily
<i>Phalaris arundinacea</i>	Phalaris roseau	Reed Canarygrass
<i>Phragmites australis</i>	Phragmite commun <sup>3</sup>	Common Reed
<i>Plantago maritima</i>	Plantain maritime	Goose Tongue
<i>Poa pratensis</i>	Pâturin des prés	Kentucky Bluegrass
<i>Polygonum</i> sp.	Renouées	Knotweed

Nom scientifique	Nom français	Nom anglais
<i>Pontederia cordata</i>	Pontéderie cordée	Pickerelweed
<i>Populus deltoides</i>	Peuplier à feuilles deltoïdes	Eastern Cottonwood
<i>Potamogeton</i> sp.	Potamots	Pondweed
<i>Puccinellia paupercula</i>	Puccinellie maigre	Poor Puccinellia
<i>Ruppia maritima</i>	Ruppie maritime	Widgeongrass
<i>Sagittaria</i> sp.	Sagittaires	Arrowheads
<i>Sagittaria cuneata</i>	Sagittaire cunéaire	Arumleaf Arrowhead
<i>Sagittaria latifolia</i>	Sagittaire latifolié	Broadleaf Arrowhead
<i>Sagittaria rigida</i>	Sagittaire dressée	Sessilefruit Arrowhead
<i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.)	Salicorne d'Europe	Common Glasswort <sup>4</sup>
<i>Salix fragilis</i>	Saule fragile	Crack Willow
<i>Salix nigra</i>	Saule noir	Black Willow
<i>Sanguisorba canadensis</i>	Sanguisorbe du Canada	Canadian Burnet
<i>Schoenoplectus pungens</i>	Scirpe d'Amérique	Common Threesquare
<i>Scirpus</i> sp.	Scirpes	Bulrush
<i>Scirpus lacustris</i> <sup>1</sup>	Scirpe des étangs <sup>5</sup>	Great Bulrush
<i>Sparganium</i> sp.	Rubaniers	Bur-reed
<i>Sparganium eurycarpum</i>	Rubanier à gros fruits	Broadfruit Bur-reed
<i>Spartina alterniflora</i>	Spartine alterniflore	Smooth Cordgrass
<i>Spartina patens</i>	Spartine étalée	Saltmeadow
<i>Spartina pectinata</i>	Spartine pectinée	Prairie Cordgrass
<i>Spergularia canadensis</i>	Spergulaire du Canada	Canada Sandspurry
<i>Taraxacum officinale</i>	Pissenlit officinal	Common Dandelion
<i>Typha</i> sp.	Typhas	Cattails
<i>Typha angustifolia</i>	Typha à feuilles étroites	Narrowleaf cattail
<i>Typha latifolia</i>	Typha à feuilles larges	Broadleaf cattail
<i>Ulmus americana</i>	Orme d'Amérique	American Elm
<i>Vallisneria</i> sp.	Vallisnéries	Eelgrass
<i>Zizania</i> sp.	Zizanies	Wildrice
<i>Zizania aquatica</i> var. <i>brevis</i>	Zizanie aquatique courte	Annual wildrice
<i>Zostera marina</i>	Zostère marine	Seawrack

Source : Les noms latins et français sont tirés de la source suivante, sauf lorsqu'une autre source est mentionnée : Marie-Victorin, F.E.C. 1997. *Flore laurentienne, 3<sup>e</sup> édition mise à jour et annotée, 1995*. Les Presses de l'Université de Montréal. Première réimpression revue et corrigée, Montréal.

<sup>1</sup> Farrar. 1996.

<sup>2</sup> Darbyshire, *et al.*, 2000.

<sup>3</sup> Fleurbec. 1983.

<sup>4</sup> Le nom « Common Glasswort » est tiré du site Internet *Den virtuella floran* : <http://linnaeus.nrm.se/flora/di/chenopodia/salic/salieur.html>

<sup>5</sup> Fleurbec. 1987.