

FC
2759
.M3
C37
1992

**CARTOGRAPHIE DES MARAIS,
MARÉCAGES ET HERBIERS DE
CORNWALL À TROIS-RIVIÈRES
POUR 1 KM DE RIVE
AVEC LE CAPTEUR MEIS-II**



Aménatech inc.

Rédigé pour le Centre Saint-Laurent
Environnement Canada

Mars 1992

RÉSUMÉ

En 1991, un projet visant à caractériser les marais, marécages et herbiers ainsi que le premier kilomètre de rive a été réalisé sur trois sites-tests de régions biogéographiques différentes entre Cornwall et Trois-Rivières. À cette fin, une méthode de télédétection aéroportée principalement basée sur la classification automatique supervisée des milieux humides et des grandes classes d'utilisation du sol a été utilisée.

La présente étude a pour but de compléter la cartographie des secteurs manquants en utilisant la même méthode que celle utilisée dans le précédent projet. Le tronçon a été divisé en onze (11) zones d'intérêt prioritaire (ZIP) afin de faciliter la cartographie de secteurs biogéographiques semblables. Les résultats ont permis de faire ressortir plusieurs classes de milieux humides et d'utilisation du sol sur l'ensemble du territoire.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	I
LISTE DES TABLEAUX	II
1.0 INTRODUCTION	1
2.0 CADRE ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE	2
3.0 MATÉRIEL ET MÉTHODE	3
3.1 Matériel	3
3.2 Méthode	7
3.3 Résultats	11
3.4 Discussion	32
4.0 COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS	39
5.0 CONCLUSION	41
6.0 PERSONNEL	42
7.0 RÉFÉRENCES	43

SEGMENTS ASSOCIÉS AUX SIGNATURES SPECTRALES
DES CLASSES DE MILIEUX HUMIDES ET D'UTILISATION
DU SOL POUR CHAQUE
ZONE D'INTÉRÊT PRIORITAIRE (ZIP)

ANNEXE 1

LISTE DES TABLEAUX

3.1	BANDES SPECTRALES DU FILTRE «WATER» DU CAPTEUR MEIS II	4
3.2	RÉFÉRENCES CARTOGRAPHIQUES ET PHOTOGRAPHIQUES	6
3.3	STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DE LA ZIP 1	12
3.4	STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DE LA ZIP 2	14
3.5	STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DES ZIP 3-4 (JUILLET)	16
3.6	STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DES ZIP 3-4 (AOÛT)	17
3.7	STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DES ZIP 5-6	19
3.8	STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DES ZIP 7-8	21
3.9	STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DE LA ZIP 9	23
3.10	STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DE LA ZIP 10	25
3.11	STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DE LA ZIP 11A (JUILLET)	27
3.12	STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DE LA ZIP 11B (JUILLET)	28
3.13	STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DE LA ZIP 11 (AOÛT)	31

1.0 INTRODUCTION

Les milieux humides représentent près de 10% des terres de la province de Québec. Ceux-ci constituent des endroits privilégiés pour l'établissement et le maintien d'une faune et d'une flore particulièrement diversifiées. Cependant, l'activité de l'homme met souvent en péril la conservation de ces milieux en raison de modifications de cet environnement.

En 1990, la Direction «Connaissance de l'état de l'environnement» a fait l'acquisition d'images aéroportées du capteur MEIS-II pour le tronçon Cornwall-Trois-Rivières, afin d'évaluer les capacités de ce type de capteur à répondre aux besoins de caractérisation et d'identification des marais, marécages et herbiers le long du fleuve Saint-Laurent. Lors d'une étude précédente (Dubé, 1991), les résultats ont démontré que les méthodes de télédétection constituent un outil efficace et avantageux pour des fins d'inventaires des milieux humides sur de vastes territoires. La présente étude vise à poursuivre et à compléter les travaux préalablement effectués. La méthodologie développée dans le cadre de ce mandat est utilisée et adaptée aux particularités des différents secteurs géographiques à l'étude.

2.0 CADRE ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE

En 1990-91, préoccupée par les besoins des différents intervenants au niveau de la cartographie des milieux humides le long du fleuve Saint-Laurent, la direction «Connaissance de l'état de l'environnement» au centre Saint-Laurent, a amorcé un projet de cartographie de l'utilisation du sol, plus particulièrement des milieux humides, du premier kilomètre de rive entre Cornwall et Trois-Rivières en utilisant les images du capteur aéroportées MEIS-II acquises au cours de l'été 1990. Une première partie de ce projet a été réalisée sur trois sites-tests de régions biogéographiques différentes en raison de leur représentativité et de la disponibilité de relevés au sol assez récents. Une méthode principalement basée sur la classification automatique supervisée des milieux humides et des grandes classes d'utilisation du sol a été utilisée. Les résultats ont permis d'identifier environ quinze (15) classes d'utilisation du sol dont sept (7) de milieux humides.

Étant donné que l'étude précédente a porté sur trois (3) secteurs du tronçon Cornwall-Trois-Rivières pour lesquels la cartographie a été effectuée, le présent mandat a pour but l'application de la même méthode pour la poursuite de la cartographie des secteurs manquants. Ces secteurs correspondent à différentes régions géographiques ou ZIP (zone d'intervention prioritaire) soit; la région du lac Saint-François (ZIP 1 et 2), le couloir fluvial entre le lac Saint-François et le lac Saint-Louis (ZIP 3 et 4), la région du lac Saint-Louis (ZIP 5 et 6), le bassin de La Prairie (ZIP 7 et 8), la région des îles de Boucherville (ZIP 9), la région au nord de Contrecoeur (ZIP 10) et finalement la région du lac Saint-Pierre (ZIP 11).

3.0 MATÉRIEL ET MÉTHODE

La méthodologie utilisée et le matériel employé pour atteindre les objectifs de l'étude comprennent une brève description des images du capteur utilisé, l'évaluation des différents documents de références relatifs au besoin de la zone d'intérêt et l'utilisation du traitement numérique des images de télédétection. Toutes les étapes proposées dans cette section font références à des méthodes et techniques éprouvées dans la littérature et qui ont été validées dans la réalisation de la première partie du projet.

3.1 Matériel

3.1.1 Images multibandes. - Les images multibandes qui ont été utilisées sont celles du filtre «Water» du capteur aéroporté MEIS II. Elles ont été enregistrées le 26 juillet 1990 et le 21 août 1990 à bord d'un avion volant à environ 10 000 m d'altitude. Chaque pixel de ces images a environ 7 m de côté et couvre donc environ 49 m². Les images sont corrigées géométriquement et radiométriquement, puis ramenées par mosaïques en patrons définis par la direction «Connaissance de l'état de l'environnement» au centre Saint-Laurent en zones d'intérêt prioritaires (ZIP).

Les canaux images 1, 3, 4, 8 ont été utilisés pour la réalisation de la classification, tels que déterminés lors du précédent mandat.

Le tableau 3.1 présente les huit bandes spectrales du filtre «Water» du capteur MEIS II.

3.1.2 Délimitation des zones humides et sèches - La délimitation des zones humides et sèches des régions étudiées, nous a été fournie en format numérique par la direction «Connaissance de l'état de l'environnement» au centre Saint-Laurent.

Mentionnons que la délimitation de ces zones a dû être reprise car le document fourni ne donnait pas une précision adéquate compte tenu de l'échelle de travail.

Tableau 3.1 **Bandes spectrales du filtre «Water» du capteur MEIS II**

Canal image	Canal MEIS	Filtre	Minimum (nm)	Maximum (nm)	Domaine spectral
1	0	1H	733,76	766,05	Infrarouge
2	1	1G	655,31	694,81	Rouge
3	2	1L	846,21	900,69	Infrarouge
4	3	1V	621,68	658,72	Rouge
5	4	1U	578,76	614,05	Orange
6	5	1T	506,09	530,05	Vert
7	6	1R	433,63	464,20	Bleu
8	7	1E	532,53	564,38	Vert

3.1.3 Documentation de référence. - Le présent projet ne comportant pas de visite sur le terrain, il a été nécessaire d'utiliser des données de référence déjà existantes. De plus, les connaissances de terrain d'une biologiste ont été mises à profit.

Ces données sont:

- les cartes de la végétation des milieux humides du lac Saint-Pierre réalisées par Denis Jacques pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec;
- quelques sites étudiés et photo-interprétés pour le Service canadien de la faune (Chauvette, 1989);

- les cartes de plan d'eau et zones riveraines de la région du Lac Saint-Louis réalisées pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec ;
- le tableau 3.2 complète la liste des documents cartographiques et photographiques utilisés dans le présent projet;

Tableau 3.2 Références cartographiques et photographiques**PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES:**

Échelle	Année	Couleur	Description
1:15 000	1983	couleur naturelle	lac Saint-François
1:10 000	1983	couleur naturelle	fleuve Saint-Laurent (Coteau-du-Lac à Pointe-des-Cascades)
1:10 000	1980	couleur naturelle	lac Saint-Louis, bassin de Laprairie, îles de Boucherville
1:5 000	1991	couleur naturelle	milieux humides du lac Saint-Louis (île saint-Bernard, îles de la Paix, île Dowker)
1:10 000	1985	couleur naturelle	lac Saint-Pierre

CARTOGRAPHIES:

Échelle	Année	Description
1:10 000	1983	lac Saint-Louis, bassin de Laprairie, îles de Boucherville
1:20 000	1981	Réserve nationale de la faune de Dundee, lac Saint-François
1:20 000	1988	fleuve Saint-Laurent, de Coteau-du-Lac à Pointe-des-Cascades
1:20 000	1989	fleuve Saint-Laurent, rives du canal de Beauharnois
1:5 000	1983	parc des îles de Boucherville
1:10 000	1986	lac Saint-Pierre

3.1.4 Outils informatiques. - Tous les traitements d'images, qui constituent la plus grande partie du travail effectué dans le cadre du présent projet, ont été faits au moyen du logiciel EASI/PACE version 5.0 de la compagnie PCI inc. implanté sur un micro-ordinateur de type PC doté d'un microprocesseur 80386 et d'un dispositif d'affichage de 512 pixels de côté et sur un micro-ordinateur de type PC doté d'un microprocesseur 80486 et d'un dispositif d'affichage de 1 024 pixels de côté.

3.2 Méthode

La présente méthodologie est principalement basée sur la classification des données en thèmes (ou classes) d'utilisation du sol. Toutefois, plusieurs étapes ont été préalablement réalisées avant d'atteindre cet objectif. Dans cette partie, nous présentons les principales étapes de traitement d'images requises à la réalisation du projet.

3.2.1 Visionnement et rehaussement des images. - Une des étapes préliminaires dans la réalisation de la classification supervisée a été d'effectuer le visionnement des bandes spectrales afin de se familiariser avec le milieu étudié. L'affichage d'un composé coloré fausse-couleur a permis un rendu visuel de référence aidant l'interprète à se calibrer visuellement avec les différentes composantes de l'utilisation du sol.

3.2.2 Séparation des milieux humides et des milieux secs. - La région à l'étude s'étend sur une longue portion du territoire couvrant des zones géographiques différentes en terme de milieux humides. Afin d'assurer la qualité et la précision de la classification de l'utilisation du sol sur ces milieux, il a été nécessaire de découper les images en segments potentiellement homogènes. Ces régions biogéographiques ont été délimitées à l'intérieur des zones d'intérêt prioritaires (ZIP) définies par le Centre Saint-Laurent. À l'intérieur de ces zones, il a été nécessaire de séparer les milieux secs et les milieux humides pour éviter des problèmes de confusion entre ces deux milieux. Un tel découpage est nécessaire pour qu'une classification effectuée sur les milieux secs et les milieux humides produise des

résultats concluants. Ainsi, il arrive que certaines classes de milieux humides se confondent avec des classes de milieux secs. Ces confusions sont compréhensibles du fait que certains sites de milieux humides tels les prairies humides, ont déjà été cultivés ou servis de pâturage. Pour éviter ce genre de confusion, il a fallu séparer les milieux secs des milieux humides par une interprétation de l'image en tenant compte de la limite d'inondation fournie par le Centre Saint-Laurent. Toutefois, cette limite couvre également des terres cultivées, malgré le fait que celles-ci se trouvent en zone inondable. De plus la limite de la zone inondable nous a été fournie sous la forme d'un trait large (plusieurs pixels), ce qui nous a empêché de l'utiliser. Nous avons par la suite refait cette limite pour une bonne précision de la cartographie des différents milieux.

La séparation des milieux humides et des milieux secs a été effectuée au moyen de masques qui une fois appliqués ont permis de concentrer l'attention sur les segments à traiter. Les deux environnements ont été classifiés séparément et les résultats ont été intégrés en une seule image.

3.2.3 Choix des sites d'entraînement . - Le succès d'une classification (précision) réside, entre autres dans le choix des sites d'entraînement. L'utilisation d'un maximum de données de référence au sol ainsi que la consultation fréquente avec des biologistes spécialisées en écologie végétale des milieux humides a été un apport majeur pour ce type de traitement.

Les classes (thèmes) qui ont été identifiées par échantillonnage, en fonction des documents, des cartes existantes et de la connaissance du terrain, ont permis d'élaborer un système de classification ou clé d'interprétation. Les sites d'entraînement ont été choisis afin d'arriver au niveau de classification défini dans la première partie du projet.

La délimitation des aires d'entraînement a été fait à partir de l'affichage à l'écran des bandes spectrales ou combinaisons de bandes qui ont offert la meilleure discrimination. Dans la première partie du projet, divers essais de combinaisons de bandes ont démontré que le composé coloré formé des canaux 3, 4 et 8 du capteur

MEIS-II était le mieux adapté pour délimiter les sites d'entraînement; pour cette étude le même amalgame a servi.

Une sélection uniforme des sites d'entraînement à travers l'image a permis d'obtenir des valeurs de niveaux de gris représentatifs des variations internes des différents types de couvert à travers les images. Une purification des sites d'entraînement a été effectuée par la suite pour éliminer les valeurs non désirables ou extérieures à la classe choisie. Le seuil des classes a été fixé relativement haut afin de réduire le nombre de pixels non classés.

3.2.4 Calcul des signatures spectrales. - Les valeurs obtenues au moyen des sites d'entraînement ont servi pour définir (calculer) les signatures spectrales (vecteur moyen et matrice de co-variance) des différentes catégories d'utilisation du sol retenues. Dans le cas d'un algorithme de classification par maximum de vraisemblance, on assume que la distribution des valeurs est gaussienne, c'est-à-dire présentant une distribution normale.

Les signatures spectrales (vecteur moyen et matrice de co-variance) ont été utilisées pour réduire le degré de confusion entre chaque classe et assurer la précision des sites d'entraînement. Certains sites d'entraînement ont été réajustés au besoin afin de satisfaire aux critères de la séparabilité spectrale des classes. L'analyse de divergence a été utilisée dans ce cas-ci afin de mesurer la séparabilité statistique entre les classes. En général, la divergence était grande, ce qui nous a permis d'atteindre un niveau élevé de probabilité d'une classification correcte des classes.

3.2.5 Classification automatique dirigée. - La classification dirigée utilisant la règle du maximum de vraisemblance (théorie Baysienne) a été employée pour traiter les images de télédétection. Les résultats sont compilés sous formes de sommaires tabulés des superficies (hectares) de chaque classe et sont affichables sous forme d'image thématique.

En terme de représentation visuelle, pour chacun des thèmes classifiés, une couleur a été assignée laquelle s'apparente le plus possible au code de couleur utilisé pour la cartographie conventionnelle des marais, marécages et herbiers. Il en va de même pour les grandes classes d'utilisation du sol.

3.2.6 Intégration des classifications des milieux humides et des milieux secs. - Une fois que chaque environnement a été classifié selon la légende correspondante, une carte d'utilisation du sol a été produite par l'intégration des résultats des classifications des milieux humides et des milieux secs.

3.2.7 Post-filtrage des images. - Le filtrage post-classification a été utilisé pour homogénéiser le produit d'intégration des classifications des milieux humides et des milieux secs. L'application d'un filtre modal (filtre 3X3), a permis d'effectuer un nettoyage de l'information thématique. Cette opération produit une diminution de la variance des données dans une classe et réduit ainsi le chevauchement (confusion) entre la signature de cette classe et les autres.

3.2.8 Calcul des superficies par classe. - Le résultat de la classification est une carte thématique dont chaque thème correspond à une valeur de niveau de gris représentant les pixels appartenant à cette même classe. À partir de ce résultat, le calcul de la superficie couverte par chaque classe a été produit pour les milieux humides et les milieux secs.

Les résultats des classifications comprenant les mesures de superficies sont présentés sous formes de tableaux synthèses regroupant la classe retenue, le nombre de pixels classifiées, la superficie (en hectares) couverte par cette classe et finalement le pourcentage de la superficie classée. Ces tableaux sont présentés pour chaque zone intervention prioritaire du territoire à l'étude.

3.3 Résultats

3.3.1 ZIP 1. - Le tableau 3.3 présente les classes de milieux humides et d'utilisation du sol, le (ou les) code(s) de segment de la classe, le nombre de pixels compris, la superficie correspondante en hectares et le pourcentage que représente la classe par rapport à l'image de la ZIP 1. L'annexe 1 présente tous les segments associés aux signatures spectrales des classes de milieux humides et d'utilisation du sol pour chaque zone d'intérêt prioritaire (ZIP)

Tableau 3.3 Statistiques de la classification de la ZIP 1

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Substrat dénudé minéral	1	15,189	74.4	0.52
Eau libre	10, 12 à 16, 18	961,491	4,711.3	33.19
Eau libre peu profonde sur fond minéral	11	78,628	385.3	2.71
Herbier aquatique à végétation submergée	20, 21, 23, 25, 26, 28	687,581	3,369.1	23.74
Herbier à végétation à feuilles flottantes	30	45,124	221.1	1.56
Marais profond à typha	43	63,683	312.0	2.20
Prairie humide à carex	64, 66, 67	278,322	1,363.8	9.61
Marécage arbustif ouvert	70	95,968	470.2	3.31
Marécage arboré à mélèze	84	22,420	109.9	0.77
Marécage arboré à érable rouge	85	62,967	308.5	2.17
Labours annuels	100 à 102, 104, 105, 107	91,199	446.9	3.15
Fourrages et pâturages	110 à 112	65,952	323.2	2.28
Friches arbustives	121	15,337	75.2	0.53
Forêt de feuillus	131	60,038	294.2	2.07
Zones bâties (urbain, banlieu, résidentiel)	143, 144	156,620	767.4	5.41
Nuages et ombres	200, 202	83,114	407.3	2.87
Non classé	0	113,250	554.9	3.91
Total		2,896,883	14,194.7	100.00

La différence de radiométrie entre les lignes de vol utilisées pour constituer la scène engendre des problèmes de classification, principalement au niveau de la rive nord. La présence de nuages et d'ombres dans la section nord-ouest de l'image cause des erreurs de classification dans ce secteur. Il faut noter que la présence d'un voile atmosphérique sur l'image a pu influencer les résultats.

L'utilisation d'un seuil élevé dans le processus de classification a engendré une confusion entre l'eau libre et la classe d'herbiers. Le manque d'informations récentes sur ces derniers rend l'évaluation de leur distribution spatiale difficile; on note une confusion entre les zones d'herbier peu dense et les sections du fleuve où l'hydrodynamisme est plus calme. De façon spécifique, la classe "herbier aquatique à feuilles flottantes" est surestimée pour la rivière au centre de la Réserve nationale de la faune de Dundee. Ceci 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.

La proportion de pixels non classés en milieux humides est de 3,19%. Ce sont principalement des pixels mixtes et des pixels non échantillonnés dans une zone à l'ouest de la rivière.

La portion de pixels non classés dans la bande de 1 km en milieux secs est de 9,1%. Ce sont des pixels dont le signal est influencé par les conditions atmosphériques et les variations d'humidité ou de densité au niveau des champs agricoles.

3.3.2 ZIP 2. - Le tableau 3.4 présente les classes de milieux humides et d'utilisation du sol, le (ou les) code(s) de segment de la classe, le nombre de pixels compris, la superficie correspondante en hectares et le pourcentage que représente la classe par rapport à l'image de la ZIP 2.

Tableau 3.4 Statistiques de la classification de la ZIP 2

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Substrat dénudé minéral	1	2,909	14.3	0.07
Eau libre peu profonde sur fond minéral	11	226,417	1,109.4	5.42
Eau libre	12, 14, 15 17 à 19, 150	1,971,370	9,659.7	47.22
Herbier aquatique à végétation submergée	20, 23, 25	576,833	2,826.5	13.82
Marais profond à typha	43	233	1.1	0.01
Prairie humide à carex	64, 66	23,716	116.2	0.57
Prairie humide	69	2,868	14.1	0.07
Marécage arbustif	70	11,729	57.5	0.28
Marécage arboré	80, 85	16,404	80.4	0.39
Labours annuels	100 à 105, 107, 109	341,615	1,673.9	8.18
Fourrages et pâturages	110 à 115	190,053	931.3	4.55
Friches arbustives	121, 123	214,183	1,049.5	5.13
Forêt de feuillus	131	135,458	663.7	3.24
Zones bâties (urbain, banlieu, résidentiel)	143, 144	329,464	1,614.4	7.89
Non classé	0	131,969	646.6	3.16
Total		4,175,251	20,458.7	100.00

Une confusion entre les herbiers et l'eau libre a été remarquée; elle est principalement rencontrée dans la partie centrale du lac Saint-François, à l'entrée du canal de Beauharnois et au niveau des îles au nord-ouest de Valleyfield. Ceci est causée par les variations radiométriques intra et inter lignes de vols. Les pixels non-classés retrouvés dans les milieux secs correspondent essentiellement aux zones d'ombres et de nuages et à des section d'eau libre qui n'ont pas été reconnues lors de la classification.

La classe "prairie humide" correspond essentiellement aux aménagements de Canards Illimités situés dans la partie nord-ouest de la ZIP. La proportion de pixels non classés dans les milieux humides est de 2,16 %. Ce sont surtout des pixels mixtes en bordure de rivage.

Pour les milieux secs, la classe "fourrages et pâturages" chevauche en partie la classe "labours annuels". La proportion de pixels non classés de la bande de 1 km en milieux secs est de 5,93%. Ce sont principalement des mixels et des nuages et leurs ombres.

3.3 .3 ZIP 3-4. - Le tableau 3.5 présente les classes de milieux humides et d'utilisation du sol, le (ou les) code(s) de segment de la classe, le nombre de pixels compris, la superficie correspondante en hectares et le pourcentage que représente la classe par rapport à l'image des ZIP 3-4 du mois de juillet. Le tableau 3.6 présente le même type d'informations pour l'image des ZIP 3-4 du mois d'août.

Tableau 3.5 Statistiques de la classification des ZIP 3-4 (juillet)

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Eau libre	10, 12, 13, 18	416,385	2,040.3	37.65
Eau libre peu profonde sur fond minéral	11	4,380	21.5	0.40
Herbier aquatique à végétation submergée	28	4,769	23.4	15.27
Labours annuels	100 à 105, 107	113,563	556.5	10.27
Fourrages et pâturages	111, 114	109,416	536.1	9.89
*Friches arbustives	120, 121, 154	99,730	488.7	9.02
Fragmite	122	43,895	215.1	3.97
Érable rouge sur sol mal drainé	130	65,131	319.1	5.89
Forêt de feuillus	131	31,229	153.0	2.82
Zones bâties (urbain, banlieu, résidentiel)	142, 144	132,057	647.1	11.94
Bassins de décantation	152, 153, 156	14,414	70.6	1.30
Nuages	200	339	1.7	0.03
Non classé	0	70,721	346.5	6.39
Total		1,106,029	5,419.5	100.00

*Le segment 43 (xsolnuc) correspond à des zones de sol mis à nu dans un environnement de friches.

Tableau 3.6 Statistiques de la classification des ZIP 3-4 (août)

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Substrat dénudé minéral	1	27,237	133.5	0.77
Eau libre	10 à 16, 18, 150	1,453,564	7,122.5	41.31
*Marais profond à émergentes à feuilles étroites	40	9,498	46.5	0.27
Marais profond à typha	41, 43	1,753	8.6	0.05
Labours annuels	99, 100, 101, 103 à 107	391,659	1,919.1	11.13
Fourrages et pâturages	110 à 114	336,442	1,648.6	9.56
Friches arbustives	120, 121, 123	113,622	556.7	3.23
Fragmite	122	174,785	856.4	4.97
Érable rouge sur sol mal drainé	130	47,931	234.9	1.36
Forêt de feuillus	131	133,016	651.8	3.78
Zones bâties (urbain, banlieu, résidentiel)	141, 143 à 145	709,504	3,476.6	20.16
Bassins de décantation	153, 154	13,418	65.7	0.38
Non classé	0	106,082	519.8	3.01
Total		3,518,511	17,240.7	100.00

*Marais profond à émergentes à feuilles étroites (pd) à ne pas inclure, à cause de la faible densité de cette classe et la mauvaise intercalibration radiométrique entre les lignes de vol qui occasionne de la confusion.

La différence de radiométrie importante rencontrée entre les lignes de vol mosaïquées ne nous a pas permis de classer adéquatement les herbiers aquatiques. Également, la classe "marais profond à feuilles émergentes " a été surestimée lors de la classification. La faible densité de cette classe dominée par l'eau, combinée à la mauvaise intercalibration des lignes de vol occasionnent des confusions lors de l'analyse de l'image.

Le nombre de pixels non-classés dans les milieux humides s'élève à 5,89% et sont localisés principalement au niveau du canal de Beauharnois. Ceux-ci correspondent à des pixels mixtes en bordure de l'eau et à des herbiers localisés.

Une grande proportion du territoire couvert par la bande de 1 km de la rive est classifiée en milieu urbain. Ceci s'explique par le fait que cette classe comprend, en plus de la zone urbaine, les secteurs résidentiels et ruraux avec tout ce que cela comprend de sites de végétation arbustive et de sol nu. De plus, on observe que cette classe se mélange avec les zones de sol nu qui apparaissent très clair sur les images, ce qui surestime la distribution de cette classe, principalement le long de la rive droite du canal de Beauharnois.

Le nombre de pixels non-classés dans les deux images s'élèvent à près de 13 %. Une bonne partie de ceux-ci sont localisées dans les bassins de décantation (ou des bassins de traitement des eaux) près de la centrale de Beauharnois.

3.3.4 ZIP 5-6. - Le tableau 3.7 présente les classes de milieux humides et d'utilisation du sol, le (ou les) code(s) de segment de la classe, le nombre de pixels compris, la superficie correspondante en hectares et le pourcentage que représente la classe par rapport à l'image des ZIP 5-6.

Tableau 3.7 Statistiques de la classification des ZIP 5-6

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Substrat dénudé minéral	1	737	3.6	0.01
Eau libre	9,10, 12 à 16,19, 151	2,506,416	12,281.4	39.15
Eau libre peu profonde sur fond minéral	11	178,079	872.6	2.78
Herbier aquatique à végétation submergée	20 à 25,28	1,094,385	5,362.5	17.09
Herbier à végétation à feuilles flottantes	30	4,355	21.3	0.07
Marais peu profond à feuilles étroites (typha et sparganium)	51,56	60,410	296.0	0.94
Marais peu profond à sagittaire	53,59	20,319	99.6	0.32
Marais peu profond à scirpes fluviatiles	54	1,683	8.2	0.03
Prairie humide à graminées hautes	60, 61	16,278	79.8	0.25
Marécage arbustif	70	23,959	117.4	0.37
Marécage arboré à érable rouge (et peuplier)	86	134,976	661.4	2.11
Labours annuels	100,101,104 à 106	259,972	1,273.9	4.06
Fourrages et pâturages	110 à 119	656,749	3,218.1	10.26
Friches arbustives	121	224,576	1,100.4	3.51
Forêt de feuillus	131	216,121	1,059.0	3.38
Zones bâties (urbain, banlieu, résidentiel)	141, 143 à 146	1,119,435	5,485.2	17.48
Non classé	0	201,012	985.0	3.14
Total		6,402,550	31,372.5	100.00

Dans ce secteur, la classification des herbiers aquatiques et de l'eau libre est particulièrement difficile à cause des fortes différences radiométriques entre les lignes de vol, mais aussi à cause des différentes catégories d'eau libre rencontrées dans cette région. En effet, les eaux brunes de la rivière des Outaouais et les eaux vertes et claires du Saint-Laurent rendent difficile la distinction des herbiers aquatiques par l'algorithme de vraisemblance.

La classe de "marais peu profond à Typha" est légèrement surévaluée, principalement sur la portion de la rive sud au niveau de Châteauguay. La classe "eau libre peu profonde sur fond minéral" est surévaluée par rapport à la classe "eau libre". Cette classe devrait être combinée avec la classe d'"eau libre" afin d'éviter une surévaluation de cette catégorie.

Le nombre de pixels non-classés dans les milieux humides correspond à 3,35 %. Ce sont principalement des pixels mixtes et des pixels non-définis spectralement par l'échantillonnage.

La classe "zones bâties " couvre une grande superficie de la bande de 1 km en milieu sec. Ceci s'explique du fait que le secteur est fortement urbanisé mais aussi par le fait que cette classe comprend également les zones résidentielles et rurales avec une forte proportion de végétation. On note également une certaine alternance d'espaces bâtis et de friche, apparaissant morcelé sur l'image, et qui correspond à des zones en développement.

La proportion de pixels non-classés dans la bande de 1 km de milieu sec est de 3,46% et correspondent majoritairement à des pixels mixtes.

3.3.5 ZIP 7-8. - Le tableau 3.8 présente les classes de milieux humides et d'utilisation du sol, le (ou les) code(s) de segment de la classe, le nombre de pixels compris, la superficie correspondante en hectares et le pourcentage que représente la classe par rapport à l'image des ZIP 7-8.

Tableau 3.8 Statistiques de la classification des ZIP 7-8

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Eau libre	10, 12,14 à 16,150	837,674	4,104.6	33.32
Herbier aquatique à végétation submergée	20,21,23,25,26,29	389,283	1,907.5	15.49
Fourrages et pâturages	111, 114	58,380	286.1	2.32
Friches arbustives	121, 123, 124	190,221	932.1	7.57
Forêt de feuillus	131, 134	116,220	569.5	4.62
Zones bâties (urbain, banlieu, résidentiel)	141, 143 à 146	750,905	3,679.4	29.87
Non classé	0	171,060	838.2	6.80
Total		2,513,743	12,317.3	100.00

La proportion de pixels non classés dans les milieux humides est de 7,67%. Parmi ceux-ci, on retrouve les herbiers aquatiques situés dans la partie sud-ouest du secteur, principalement au niveau de la marina près de Lachine. Les autres pixels non-classés correspondent surtout à des zones en milieu sec (ponts, digues, îlots, etc.) qui n'ont pas été échantillonnées et à des masses d'eau turbulentes au niveau des rapides.

La proportion de pixels non-classés dans la bande de 1 km de milieux secs est de 7,06%. Ce sont surtout des pixels mixtes ou non définis dans l'échantillonnage.

3.3.6 ZIP 9. - Le tableau 3.9 présente les classes de milieux humides et d'utilisation du sol, le (ou les) code(s) de segment de la classe, le nombre de pixels compris, la superficie correspondante en hectares et le pourcentage que représente la classe par rapport à l'image de la ZIP 9.

Tableau 3.9 Statistiques de la classification de la ZIP 9

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Substrat dénudé minéral	1	717	3.5	0.03
Eau libre	10, 12 à 14, 18, 19, 150	642,034	3,146.0	26.84
Herbier aquatique à végétation submergée	20, 22, 26, 27	137,827	675.4	5.76
Marais profond à typha	43	1,846	9.0	0.08
Marais peu profond à émergentes robustes	50	5,243	25.7	0.22
Marais peu profond à typha	51	33,791	165.6	1.41
Marais peu profond à scirpe fluviatile (1)	54	7,169	35.1	0.30
Prairie humide à graminées hautes	60, 61	38,183	187.1	1.60
Prairie humide à graminées basses	62	17,378	85.2	0.73
Prairie humide à herbacée (latifolié)	65	587	2.9	0.02
Marécage arbustif	70	8,690	42.6	0.36
Marécage arboré	80	3,529	17.3	0.15
Labours annuels	99, 100, 101, 103 à 105, 107	109,257	535.4	4.57
Fourrages et pâturages	110, 112 à 116	186,979	916.2	7.82
Friches arbustives	121, 123	46,065	225.7	1.93
Forêt de feuillus	131	34,894	171.0	1.46
Zones bâties (urbain, banlieu, résidentiel)	141 à 144, 146	962,710	4,717.3	40.24
Bassins de décantation	152	661	3.2	0.03
Non classé	0	139,893	685.5	5.85
Total		2,392,348	11,722.5	100.00

La classe "prairie humide à graminées hautes" est surestimée par rapport aux marais peu profonds dans le secteur des grandes battures de Tailhandier en face des îles de Boucherville. À cet endroit, les classes "marécages arbustifs" et "marécages arborés" se confondent également avec les marais peu profonds, c'est-à-dire que les marais peu profonds sont classés marécages arbustifs ou arborés. Cette situation s'explique du fait que ces deux classes ont une faible couverture spatiale, ce qui a produit un échantillonnage inadéquat de ces deux classes.

La proportion de pixels non-classés dans les milieux humides est de 6,41%. La plupart de ceux-ci sont des pixels mixtes, mais on retrouve également certains endroits non-classés qui n'ont pas été concentrés dans les intervalles spectraux définis. Ces endroits se situent surtout en bordure de la rive sud, face aux îles de Boucherville et de l'île Verte.

La bande de 1 km de milieux secs à cet endroit est fortement urbanisée ou comporte plusieurs espaces bâtis en milieu rural. Ceci est très bien représenté dans la classe "zones bâties" qui couvre toute la gamme de variations à l'intérieur de ces espaces. Cela peut amener une surévaluation de cette classe au détriment de la classe de labours annuels, particulièrement au niveau de la sous-classe de sols nus.

La proportion de pixels non-classés dans la bande de 1 km de milieux secs est 6,28%. Ce sont surtout des pixels mixtes en bordure de l'eau.

3.3.7 ZIP 10. - Le tableau 3.10 présente les classes de milieux humides et d'utilisation du sol, le (ou les) code(s) de segment de la classe, le nombre de pixels compris, la superficie correspondante en hectares et le pourcentage que représente la classe par rapport à l'image de la ZIP 10.

Tableau 3.10 Statistiques de la classification de la ZIP 10

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Substrat dénudé minéral	1	225	1.1	0.02
Eau libre	10, 12 à 14	291,158	1,426.7	31.53
Eau libre peu profonde sur fond minéral	11	50,609	248.0	5.48
Herbier aquatique à végétation submergée	20, 26	26,078	127.8	2.82
Marais peu profond à émergentes robustes et herbacées émergentes	50	2,084	10.2	0.23
Marécage arbustif	70	1,610	7.9	0.17
Marécage arboré	80	1,837	9.0	0.20
Labours annuels	100 à 105, 107 à 109	139,533	683.7	15.11
Fourrages et pâturages	110 à 112	45,548	223.2	4.93
Friches arbustives	121	17,766	87.1	1.92
Forêt de feuillus	131, 136	180,637	885.1	19.56
Zones bâties (urbain, banlieu, résidentiel)	141, 144, 147	69,018	338.2	7.47
Non classé	0	87,859	430.5	9.52
Total		923,343	4,524.4	100.00

La proportion des pixels non-classés en milieux humides est de 4,61%. Ce sont principalement des pixels mixtes en bordure de l'eau ou des pixels qu'il a été impossible de définir.

Les classes "labours annuels" et "fourrages" présentent une confusion au niveau des zones de végétation en milieux bâtis dans la région de Tracy, c'est-à-dire que ces zones sont classées labours annuels ou fourrages. Ceci est causé par la présence d'un voile atmosphérique à cet endroit. On retrouve cette même confusion dans la partie sud-est de l'image où l'ombre des nuages modifie les signatures spectrales.

La proportion de pixels non-classés dans la bande de 1 km en milieux secs est de 12,74%. Ce 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.

3.3 .8 ZIP 11A et 11B. - Les tableaux 3.11 et 3.12 représentent respectivement les classes de milieux humides et d'utilisation du sol, le (ou les) code(s) de segment de la classe, le nombre de pixels compris, la superficie correspondante en hectares et le pourcentage que représente la classe par rapport aux images des ZIP 11A et 11B.

Tableau 3.11 Statistiques de la classification de la ZIP 11A (juillet)

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Eau libre	9, 10, 12 à 14, 18, 19	760,704	3,727.4	23.41
Herbier aquatique à végétation submergée	20, 23, 26, 29	660,149	3,234.7	20.32
Marais profond à émergentes à feuilles étroites	41	19,437	95.2	0.60
Marais profond à typha	43	73,477	360.0	2.26
Marais profond à flottantes et émergentes fermées	46	57,557	282.0	1.77
Marais peu profond à émergentes robustes	50	37,244	182.5	1.15
Marais peu profond à typha	51, 56	61,758	302.6	1.90
Marais peu profond à sagittaire	53	75,483	369.9	2.32
Marais peu profond à scirpes fluviatiles	54, 55	262,834	1,287.9	8.09
*Marais peu profond à végétation morte ?	59	49,427	242.2	1.52
Prairie humide à graminées hautes	60, 61	212,976	1,043.6	6.55
Marécage arbustif	70	53,047	259.9	1.63
Marécage arboré à érable argenté	81	148,371	727.0	4.57
Zone nuageuse	200, 202, 205	161,180	789.8	4.96
Non classé	0	615,593	3,016.4	18.95
Total		3,249,237	15,921.3	100.00

*Marais peu profond à végétation morte engendré par des
aménagements anthropiques subséquents à la cartographie utilisée ?

Tableau 3.12 Statistiques de la classification de la ZIP 11B (juillet)

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Substrat dénudé minéral	1	67,648	331.5	1.01
Eau libre	7 à 19	2,436,817	11,940.4	36.38
Herbier aquatique à végétation submergée	20, 23, 25, 26, 28	2,022,998	9,912.7	30.20
Marais profond à émergentes à feuilles étroites	40 à 42, 45, 48, 49	484,118	2,372.2	7.23
Marais profond à typha	43	12,264	60.1	0.18
Herbier aquatique d'algues filamenteuses	47	23,629	115.8	0.35
Marais peu profond à émergentes robustes	50, 57	101,407	496.9	1.51
Marais peu profond à sagittaire	53	13,773	67.5	0.21
Marais peu profond à scirpes fluviatiles	54, 55	162,473	796.1	2.43
Marais peu profond à typha et zizanie	58	35,826	175.5	0.53
Prairie humide à graminées hautes	60, 66, 68	275,869	1,351.8	4.12
Marécage arbustif	70	87,562	429.1	1.31
Marécage arboré à érable argenté	81	225,085	1,102.9	3.36
Labours annuels	100 à 105, 107 à 109	104,198	510.6	1.56
Fourrages et pâturages	110, 111	17,161	84.1	0.26
Friches arbustives	121, 123	23,317	114.3	0.35
Forêt de feuillus	131	68,207	334.2	1.02
Zones bâties (urbain, banlieu, résidentiel)	143, 144	185,356	908.2	2.77
Non classé	0	351,078	1,720.3	5.24
Total		6,698,786	32,824.1	100.00

La classification du secteur sud du lac Saint-Pierre a déjà été effectué lors du premier mandat. La classification effectuée dans le présent projet, en plus de couvrir une nouvelle fois la partie sud, complète les espaces d'eau dans le lac Saint-Pierre qui n'avaient pas été traités lors du premier mandat.

La présence d'un fort couvert nuageux dans la partie ouest de la ZIP, amène de fortes confusions avec les différentes classes de marais et herbiers aquatiques dans sa zone d'influence.

Dans le secteur de baie Lavallière, nous avons créé une classe de "marais peu profond à végétation mortes" qui 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. Une vérification sur le terrain serait nécessaire pour valider cette observation.

Le nombre élevé de types d'eau et de densités d'herbiers aquatiques nous a obligé à multiplier le nombre de signatures pour chaque thème afin d'en arriver à une classification adéquate. Malgré cela, une certaine quantité de pixels, principalement au niveau des herbiers aquatiques au centre du lac Saint-Pierre ne sont pas classifiés.

La proportion de pixels non-classés dans les milieux humides est de 18.93%. Outre les pixels mixtes et les herbiers non classifiés, ceci comprend les zones de nuages et d'ombres de nuages qui interfèrent sur l'image.

Étant donné que les milieux secs du sud du lac Saint-Pierre ont été classifiés lors du premier mandat, seule la bande de 1 km de milieux secs de la partie nord de lac Saint-Pierre (jzip11b) a été classifiée dans ce mandat.

La classe "zones bâties" présente de la confusion avec la sous-classe de sol nu des "labours annuels", c'est-à-dire que certains champs de sols nus en milieu agricole sont classés "zones bâties".

La proportion de pixels non-classés de la bande de 1 km en milieux secs est de 4,53% et correspond majoritairement à des pixels mixtes.

3.3.7 ZIP 11. - Le tableau 3.13 présente les classes de milieux humides et d'utilisation du sol, le (ou les) code(s) de segment de la classe, le nombre de pixels compris, la superficie correspondante en hectares et le pourcentage que représente la classe par rapport à l'image de la ZIP 11 pour le mois d'août.

Tableau 3.13 Statistiques de la classification de la ZIP 11 (août)

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Substrat dénudé minéral	1	67,950	333.0	1.34
Eau libre	10, 12 à 19, 151	1,397,694	6,848.7	27.52
Eau libre peu profonde sur fond minéral	11	22,955	112.5	0.45
Herbier aquatique à végétation submergée	20 à 29	641,037	3,141.1	12.62
Marais profond à typha	43	20,141	98.7	0.40
Marais profond à flottantes et émergentes	44	21,109	103.4	0.42
Marais profond à émergentes à feuilles étroites	40, 41, 46	138,329	677.8	2.72
Marais peu profond à émergentes robustes et herbacées émergentes	50,52	102,553	502.5	2.02
Marais peu profond à sagittaire	53	100,985	494.8	1.99
Marais peu profond à scirpes fluviatiles	54	30,246	148.2	0.60
Prairie humide à graminées hautes	60, 61, 65, 68	224,497	1,100.0	4.42
Marécage arbustif	70	50,013	245.1	0.98
Marécage arboré à érable argenté	81	263,439	1,290.9	5.19
Labours annuels	100 à 109	515,609	2,526.5	10.15
Fourrages et pâturages	110 à 119	656,749	3,218.1	12.93
Forêt de feuillus	131	226,620	1,110.4	4.46
Zones bâties (urbain, banlieu, résidentiel)	141, 143, 144	430,630	2,110.1	8.48
Non classé	0	168,737	826.8	3.32
Total		5,079,293	24,888.5	100.00

La classe "marais peu profond à sagittaires" est surestimée au niveau de la Commune de l'île Dupas, au sud-est des aménagements de Canards Illimités. Cette classe présente de la confusion avec les classes de "marécages arbustifs et arborés".

En général, on retrouve beaucoup de secteurs non homogènes, parmi les classes de marais peu profonds et de marécages arbustifs, principalement aux endroits situés à la limite de la zone inondable, malgré le filtre post-classification de 3 x 3.

La proportion de pixels non-classés dans les milieux humides est de 1,95% tandis que la proportion de pixels non-classés dans la bande de 1 km de milieux secs est de 6,69%. Ce sont en majorité des pixels mixtes et des pixels appartenant à des zones spectrales qu'il a été impossible de définir (densité, superficie des zones et leur influence sur les signatures spectrales).

3.4 Discussion

Nous reprenons ici essentiellement les commentaires toujours pertinents du rapport de Dubé (1991) sur les divers aspects reliés à l'interprétation des images aéroportées pour la cartographie des milieux humides. Nous y apportons quelques additions suite aux observations faites lors de la classification de nouveaux territoires.

3.4.1 Les références cartographiques. - Idéalement, toute cartographie nécessite qu'on ait un minimum de références au sol recueillies lors d'une campagne d'échantillonnage sur le terrain. Faute de ne pouvoir réaliser ces travaux, nous avons eu recours pour l'identification des milieux humides aux cartographies déjà existantes de la végétation des marécages, marais et herbiers du fleuve Saint-Laurent, entre Cornwall et Trois-Rivières (ZIP 1 à 11) (tableau 3.2) et à l'expérience de terrain d'une biologiste. L'absence de réalité-terrain comporte toutefois plusieurs désavantages tant pour l'interprétation des images aéroportées que pour les images traditionnelles ou satellitaires.

3.4.1.1 La date de parution des cartographies existantes et l'évolution du couvert végétal. - La végétation des milieux humides est très dynamique et généralement, dans le cas des marais et des herbiers aquatiques, lorsqu'un ouvrage date de 10 ans ou plus, il y a lieu de questionner la pertinence de l'utiliser comme référence. Une validation par une personne-ressource ou en comparant localement avec des photographies aériennes récentes permet d'évaluer les changements survenus sur le couvert végétal. En ce qui concerne le territoire à l'étude, une brève vérification a démontré qu'aucun changement majeur dû à des phénomènes naturels (érosion, sédimentation, succession végétale) ne semblait avoir modifié de façon marqué la végétation des milieux humides.

Cependant dans la région du lac Saint-Pierre (baie Lavallière), des modifications locales d'origine anthropique (déboisement, mise en culture, construction de digues et ennoyage pour l'aménagement de la sauvagine) ont considérablement altéré le couvert végétal, au point de rendre par endroits, les cartographies existantes complètement inutiles (ex. Baie Lavallières).

3.4.1.2 La classification de la végétation. - Il existe diverses méthodes pour classer la végétation et les références cartographiques utilisées en illustrent trois.

Pour la réserve nationale de la faune de Dundee au lac Saint-François, située dans la ZIP 1, Melançon et de Repentigny (1981) ont classé la végétation grâce à un inventaire phytosociologique. Suite aux travaux de terrain, les relevés de végétation comportant le plus d'affinités sur le plan des caractéristiques de l'habitat, de la physionomie et de la composition du couvert végétal sont réunis. On assigne à ces groupements un nom référant aux espèces dominante et co-dominante. Il arrive parfois, qu'une espèce moins abondante, mais relativement fréquente, soit utilisée pour désigner le groupement afin de traduire un aspect différentiel du groupement traduisant généralement une caractéristique particulière du milieu.

Dans le secteur des îles de Boucherville, des îles de Varennes et de l'île Sainte-Thérèse (ZIP 9), Pilon et al. (1980) ont illustré d'une trame la physionomie de la

végétation et chaque unité cartographiée fut désignée par une ou plusieurs espèces caractéristiques.

Les milieux humides de ce même secteur ont été cartographiés à nouveau en 1983 par Jacques (1983) et, comme pour le lac Saint-Louis (ZIP 5 et 6), le bassin de Laprairie (ZIP 7 et 8) et le lac Saint-Pierre (ZIP 11), 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 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 pré-établies au niveau de la physionomie et sur les deux principales espèces dominant le couvert végétal (type de dominance et type de station).

Indépendamment du système de classification utilisé, on accorde une priorité basée sur la taille des végétaux dans le choix des espèces décrivant l'unité cartographique. Ainsi par exemple, un recouvrement de 25 % d'arbres ou d'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 une surface de 25 %, la désignation serait attribuée à l'espèce dominante. 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 à la dominance et à la co-dominance d'une unité peut être fort variable et influencer la signature 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 regroupés au moment de la cartographie conventionnelle.

Dans le cas des îles de Contrecoeur classifiées par Dubé (1991), il fut 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 nuances apportées par la classification de l'image. Pour le reste du territoire, l'absence de référence au sol a constitué une contrainte majeure.

3.4.1.3 Les limites des milieux humides. - Les limites de la plaine inondable ont été fixées par le Centre Saint-Laurent. Le découpage grossier et parfois inexact nous a obligé à revoir attentivement ces limites. Par ailleurs, comme le recommandait Dubé (1991), toutes les terres agricoles, inondables ou pas, ont été incluses au milieu terrestre afin d'éliminer la confusion qu'elles pouvaient entraîner dans la classification des prairies hautes à graminées. En reportant les limites de la plaine inondable sur l'image, il sera ainsi toujours possible d'établir les statistiques concernant les terres agricoles situées dans la zone inondable.

3.4.1.4 Les références cartographiques pour les milieux terrestres. - A l'exception du lac Saint-Pierre, les cartographies utilisées comme références ne couvrent généralement que les milieux humides et excluent les terres adjacentes qui ne sont pas soumises aux inondations périodiques. Ainsi dans la bande riveraine de 1 km, on ne dispose bien souvent d'aucune donnée de terrain. Ceci rend particulièrement difficile la classification des terres agricoles.

3.4.2 Date d'enregistrement des images aéroportées. - Comme pour l'usage des photographies aériennes conventionnelles, où la date de prise des photos influence considérablement la ségrégation picturale des végétaux, il semble que pour les images aéroportées prises en août se soient avérées plus faciles à classifier que celles prises en juillet. Ceci fut particulièrement noté dans la différenciation des marais de plantes émergentes entre eux et avec les prairies hautes. Il est possible toutefois que des facteurs de l'environnement (couvert nuageux en juillet; influence plus marquée de la nappe d'eau) aient pu influencer le rendement de la classification des images.

3.4.3 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

(Dubé, 1991) n'avait pas identifiée. Ce problème est particulièrement manifeste dans le lac Saint-Louis et le bassin de Laprairie (ZIP 5,6,7 et 8) où la présence des eaux brunes chargées de sédiments de l'Outaouais et des eaux vertes et claires du Saint-Laurent crée une certaine confusion dans la classification des herbiers aquatiques de densité variable.

A cela se sont ajoutés pour tout le territoire, les effets particulièrement marqués dans le milieu aquatique des corrections radiométriques des bandes juxtaposées pour chacune des ZIP. Ces effets sont tels que les herbiers aquatiques peu denses des ZIP 3 et 4, n'ont pu être cartographiés

Pour contrevenir à ces difficultés, nous avons dû multiplier le nombre de signatures afin de couvrir toutes les manifestations possibles du milieu aquatique et des herbiers aquatiques.

3.4.4 Résolution ou niveau de classification atteint pour les milieux humides. - La classification des milieux humides par le traitement des images aéroportées permet de faire une distinction assez juste de grandes catégories de végétaux que l'on peut aisément faire correspondre à des classes physiologiques telles les herbiers de plantes submergées, les herbiers de plantes à feuilles flottantes et à algues filamenteuses, les marais profonds et peu profonds à plantes émergentes à feuilles étroites (*Typha spp.*, *Scirpus spp.*, *Eleocharis smallii*, *Sparganium eurycarpum* et *Butomus umbellatus*) et à feuilles larges (*Sagittaria spp.*), les prairies hautes et basses, 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 impossible pour le territoire étudié de distinguer des particularités régionales dans les herbiers de plantes submergées. Dans le lac Saint-Louis (ZIP 5 et 6), le bassin de Laprairie (ZIP 7 et 8) et dans les îles de Boucherville (ZIP 9) toutefois, les herbiers à myriophylle à épi qui atteignent la surface de l'eau à la fin de l'été ont été repérés. Les herbiers de plantes à feuilles flottantes sont les plus fréquents au lac Saint-Pierre (ZIP 11), dans le secteur de la

baie Saint-François. Ils se distinguent facilement à la manière dont ils réfléchissent la lumière en raison de la position horizontale de leur feuillage.

Toujours dans la région du lac Saint-Pierre, les marais profonds sont généralement associés au scirpe américain et au scirpe lacustre. Dans le couloir fluvial (ZIP 3,4 et 9) et le lac Saint-François (ZIP 1 et 2), ces marais profonds se composent généralement de typha à feuilles étroites. Dans le secteur de Dundee (ZIP 1), cette 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).

Les marais peu profonds sont plus diversifiés. On peut distinguer ceux dominés par les plantes émergentes de grande taille (typha à feuilles étroites et à feuilles larges) et à feuilles étroites (rubanier à gros fruits, butome à ombelles, éléocharide des marais), ceux dominés par le scirpe fluvial dont la signature spectrale est influencée par son extrémité formée d'un bouquet de bractées involucrales, et ceux à plantes émergentes à feuilles larges (sagittaire latifoliée, sagittaire dressée, plus rarement et seulement au lac Saint-Pierre, pontédérie cordée).

Les prairies hautes se composent presque essentiellement de graminées d'où leur appellation. Au lac Saint-Louis, au lac Saint-Pierre et dans le couloir fluvial (ZIP 3,4,5,6,9 et 11) le phalaris roseau, le calamagrostis du Canada et la spartine pectinée qui dominent leur couvert ne peuvent être distinguées entre elles. Au lac Saint-François (ZIP 1 et 2), ce sont les carex aquatique et lacustre qui occupent cette niche physiologique. Au lac Saint-Pierre (ZIP 11), une espèce latifoliée, la salicaire commune se retrouve parfois très abondante dans la prairie haute, mais il a été impossible de l'y distinguer.

Les prairies basses, bien qu'à prédominance de graminées (agrostide blanche, chiendent, pâturin des prés,...) sont généralement plus diversifiées en espèces que les prairies hautes. Elles sont rares sur l'ensemble du territoire cartographié.

Les marécages arbustifs se composent généralement de diverses espèces de saules non-différenciées. Au lac Saint-Louis (ZIP 5 et 6), on note toutefois la prédominance de zones arbustives à céphalanthe occidental alors qu'au lac Saint-François (ZIP 1 et 2) l'aulne rugueux domine ce type d'habitat. Les marécages arbustifs se distinguent généralement bien des marécages arborés à moins qu'ils ne soient formés des mêmes espèces (ex. saule noir au lac Saint-Pierre).

Enfin les marécages arborés ne peuvent être distingués au niveau de l'espèce. On associe toutefois les érablières argentées et les saulaies davantage au couloir fluvial et au lac Saint-Pierre (ZIP 3,4,5,6,9 et 11) et les érablières rouges au lac Saint-François (ZIP 1 et 2). C'est également dans cette dernière région, que la présence de résineux (mélèze laricin) est notée dans la plaine inondable.

3.4.5 Particularité des images aéroportées du capteur MEIS-II. - Afin de réduire le problème de classification des milieux humides sur de longs segments du territoire survolé, les images ont été corrigées radiométriquement et géométriquement, puis ramenées par mosaïques en zones d'intérêts prioritaires par le personnel du Centre Saint-Laurent. L'intervalle de temps d'acquisition entre les lignes de vol est tel qu'après ces corrections un écart radiométrique parfois fort persiste. Ce fait nous a obligé à multiplier le nombre de sites d'entraînement et de signatures pour un même thème. Ce phénomène est généralisé à tous les ZIP, mais il est plus marqué pour le lac Saint-François (ZIP 2), le couloir fluvial (ZIP 3-4), le bassin de Laprairie (ZIP 5-6) et le secteur au nord de Contrecoeur (ZIP 10).

La plupart des images présente par endroits un décalage entre les lignes de vol juxtaposées. Il est possible d'observer une coupure parfois importante lorsqu'on longe la ligne de rivage. Ceci peut causer des problèmes pour la précision de la classification et de la cartographie subséquente.

4.0 COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS

- 1) Le découpage sous forme de mosaïque de deux ou plusieurs sections de lignes de vols en zone d'intérêt prioritaire présente un problème particulier de classification. La différence de radiométrie, parfois importante selon les secteurs, entre les bandes juxtaposées entraînent une augmentation dans le nombre de sites d'entraînement et de signatures pour un même thème afin d'obtenir une classification adéquate. Mais parfois, les variations sont telles qu'il est pratiquement impossible de classer correctement ces thèmes comme pour les herbiers aquatiques de la ZIP 5-6. Une attention particulière devra être faite lors de la correction de l'atmosphère et de la mise en mosaïque afin de réduire ces différences. De plus, le mode d'acquisition des images pourrait être revu de manière à réduire les délais d'acquisition des images pour une même ZIP (lignes de vol plus courtes).
- 2) La classification sur un grand territoire comportant plusieurs zones biogéographiques différentes demande une attention particulière à chaque zone en ce qui a trait à la délimitation des sites d'entraînement et à l'ajustement des classifications au moyen des paramètres offerts par les logiciels. Il devient alors important d'obtenir un délai plus long pour obtenir des classifications satisfaisantes.
- 3) À cause des dangers importants de confusion entre les classes de milieux humides et les classes d'agricoles, il est essentiel de classer séparément ces deux milieux et de les intégrer par la suite. La limite d'inondation, telle qu'elle nous a été fournie préalablement, couvrait également des terres agricoles, ce qui rendait impossible son utilisation pour la classification. Pour la poursuite des travaux, ou pour d'autres projets de ce type, il serait souhaitable que les limites des différents environnements soient séparés en tenant compte des spécifications mentionnées ci-avant.

De plus, pour que les zones de milieux humides et de milieux secs soient cartographiées de façon acceptable, il est essentiel de "tracer" cette limite à la dimension du pixel, ce qui nécessite une manipulation plus importante des images.

- 4) Le manque d'information sur l'utilisation du sol à l'extérieur des milieux humides ne nous a pas permis d'aller très loin dans l'analyse des milieux secs. Les cultures assez aisément identifiables à ce niveau de précision (telles le maïs et les céréales) n'ont pas trop causées de difficultés dans l'interprétation. Par contre, les foin, les champs en culture, où les plantes sont peu développées, et parfois même les friches, principalement à herbacées ont été difficiles à identifier comme tel.

5.0 CONCLUSION

Quelques brèves conclusions peuvent être tirées du présent travail.

- a) Il est essentiel d'inclure une campagne de collecte de données sur le terrain et/ou des documents de référence acquis concurremment à l'acquisition des images numériques (photographies infrarouges ou couleurs) pour tous travaux de classification des milieux humides ou de l'utilisation du sol par télédétection.
- b) Le mode d'acquisition des images pourrait être basé sur les limites des ZIP de manière à réduire les écarts radiométriques des lignes de vol.
- c) Pour obtenir des résultats satisfaisants, il est essentiel de consacrer un temps suffisant à la délimitation des sites d'entraînement et à l'ajustement des classification au moyen des paramètres offerts par les logiciels.
- d) Malgré la somme des problèmes rencontrés dans la réalisation de ce mandat, il nous apparaît que la méthode de télédétection s'avère un outil efficace, rapide et peu onéreux capable de produire des documents valables et opérationnels.

6.0 PERSONNEL

La réalisation de cette étude a nécessité le travail conjoint de spécialistes en télédétection et en végétation. Clément Dubé et Jacques Désilets ont assuré la charge de projet, Guy Dumoulin a participé à titre de professionnel, plus particulièrement à l'analyse des données, au traitement des images et à la rédaction du rapport.

De même, Louise Gratton a été impliquée dans l'analyse des données relatives à la végétation, au traitement des images et à la rédaction du rapport. Pour sa part, Pierre Lafrance a agi à titre de conseiller pour la validation des résultats et de la méthodologie.

Enfin, les travaux de secrétariat ont été confiés à Joanne Audy.

7.0 RÉFÉRENCES

- CHAUVETTE, B. (1989). *Photo-interprétation des groupements végétaux du fleuve Saint-Laurent et de ses principaux tributaires*. Rapport préparé pour le service canadien de la faune, Antonin Guimond, consultant, 135 p., nombreuses cartes et photos aériennes.
- DUBÉ, C. (1991) *Cartographie des milieux humides du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II, secteurs choisis entre Cornwall et Trois-Rivières (rapport 1991)*, Rapport préparé pour le Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, Aménatech inc., 38 pages, imprimés couleur.
- ENVIRONNEMENT CANADA (1981). *Inventaire des sols et de la végétation des marais de la réserve nationale de faune du lac Saint-François, Dundee (Québec)*. Rapport préparé pour le Service canadien de la faune par la Direction des terres, Québec, 47 p., 1 carte.
- JACQUES, D. (1981). *Cartographie des îles de Boucherville à l'échelle du 1:10 000*. Laboratoire de botanique appliquée de l'Université du Québec à Montréal pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Montréal, 1:10 000.
- JACQUES, D. (1985). *Végétation des terres humides du lac Saint-Pierre (feuilles 3,5,16,17,18 et 21)*. Rapport préparé pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec par Denis Jacques enr., 1:10 000.
- JACQUES, D. et C. HAMEL (1982). *Système de classification des terres humides du Québec*. Direction générale de la faune, ministère de Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Québec, 131 p.

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*. Centre de recherches écologiques de Montréal, Université de Montréal, 292 p.

Annexe 1

***Segments associés aux signatures spectrales
des classes de milieux humides et d'utilisation
du sol pour chaque zone d'intérêt prioritaire (ZIP)***

CLASSE	ZIP1	ZIP2	ZIP3-4 (juil)	ZIP3-4 (août)	ZIP5-6	ZIP7-8	ZIP9	ZIP10	ZIP11 A	ZIP11 B	ZIP11
Substrat dénudé minéral	2	2		2	2		4	2		36	2
Eau libre	3, 5 à 10	4 à 9, 39	2, 4 à 6	3 à 10, 37	3, 4, 6 à 11, 44	2 à 6, 25	5, 7 à 11, 47	3, 5 à 7	15 à 18, 23, 28, 30	16, 21, 22, 26 à 29, 33 à 35, 37, 39, 41	3, 5 à 11, 52
Eau libre peu profonde sur fond minéral	4	3	3		5			4			4
Herbier aquatique à végétation submergée	11 à 16	10 à 12	7		12 à 17	7 à 12	12 à 15	8, 9	11, 13, 19, 25,	4, 7, 9, 23, 40	12 à 16
Herbier à végétation à feuilles flottantes	17				18						
Marais profond à typha	18	13		12, 13			16		6	24	19
Marais profond à flottantes et émergentes											20
Marais profond à émergentes à feuilles étroites				11					2		
Marais peu profond à émergentes robustes et herbacées émergentes								10		6, 11, 15, 18, 30, 32	17, 18, 21
Marais peu profond à émergentes robustes							17		3	8, 25	22, 23
Marais peu profond à feuilles étroites (typha et sparganium)					19, 22						
Marais peu profond à sagittaire					20, 23						
Marais peu profond à typha							18		5	20	24
Marais peu profond à scirpes fluviatiles					21		19		8, 26		
Marais peu profond à typha et zizanie									4, 9	14, 17	25
Marais peu profond à végétation morte ?										10	
Herbier aquatique d'algues filamenteuses									24		
Prairie humide à carex	19 à 21	14, 15								38	
Prairie humide		16									
Prairie humide à graminées hautes					24, 25		20, 21		7, 27	12, 19, 31	26 à 29
Prairie humide à graminées basses							22				
Marécage arbusif ouvert	22										
Marécage arbusif		17			26		24	14	14	13	30
Marécage arboré		18, 19					25	15			
Marécage arboré à mélèze	23										
Marécage arboré à érable rouge	24										
Marécage arboré à érable rouge (et peuplier)					27						
Marécage arboré à érable argenté									10	5	31
Labours annuels	25 à 30	21 à 27	9 à 14	14 à 21	28 à 32		26 à 32	16 à 24		42, 45 à 47, 49 à 51, 53, 57	32 à 41
Fourrages et pâturages	31 à 33	28 à 33	15, 16	22 à 26	33 à 36	13, 14	33 à 38	24 à 27		52, 55	42 à 47
Friches arbustives	34	34, 35	17, 18, 26	27, 28, 30	37	15, 16, 17	39, 40	28		43, 44	
Fragmite			19	29							
Érable rouge sur sol mal drainé			20	31							
Forêt de feuillus	35	36	21	32	38	18, 19	41	29, 30		54	48
Zones bâties (urbain, banlieue, résidentiel)	36, 37	37, 38	22, 23	33 à 36	39 à 43	20 à 24	42 à 46	31 à 33		48, 56	49 à 51
Bassins de décantation			24, 25, 27	38, 39			48				
Nuages et ombres	38, 39		28						20, 21, 22		