

Aménatech inc.

3705, boul. industriel, Sherbrooke (Québec) J1L 1X8
(819) 566-8855 - Télécopieur: (819) 566-0224
2111, boul. Fernand-Lafontaine, Longueuil (Québec) J4G 9Z7
(514) 651-0981 - Télécopieur: 05-268796 - Télécopieur: (514) 651-9542

RAPPORT FINAL

**Cartographie des milieux humides
du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II,
secteurs choisis entre Cornwall et**

Trois-Rivières

Présenté au :

**CENTRE SAINT-LAURENT
ENVIRONNEMENT CANADA**



FL
2759
.M3
A42
1991

CLÉMENT DUBÉ, GÉOG., M.Sc.
Chargé de projet

29 MARS 1991

N/réf.: 91-5037-61-0000

Table des matières

1.0	INTRODUCTION.....	1
2.0	CADRE ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE	2
3.0	PHASE I.....	3
3.1	Matériel.....	3
3.1.1	Images multibandes.....	3
3.1.2	Données de référence.....	4
3.1.3	Outils informatiques.....	5
3.2	Méthode.....	5
3.3	Résultats.....	8
3.4	Commentaires.....	12
3.5	Conclusions tirées de la phase I.....	14
4.0	PHASE II.....	16
4.1	Matériel.....	16
4.1.1	Images multibandes.....	16
4.1.2	Données de référence.....	16
4.2	Méthode.....	17
4.3	Légende.....	18
4.4	Résultats.....	19
4.4.1	Notes concernant le segment 4N/1, tronçon Varennes-Contrecoeur.....	19
4.4.2	Notes concernant le segment 3N/2, baie Saint-François.....	20
4.4.3	Notes concernant le segment 3N/1, lac Saint-Pierre.....	22
4.4.4	Notes concernant le segment 4N/2, rive sud du lac Saint-Pierre.....	23
4.5	Discussion.....	28
4.5.1	Les références cartographiques.....	28
4.5.1.1	La date de parution des cartographies existantes et l'évolution du couvert végétal.....	28
4.5.1.2	La classification de la végétation.....	29
4.5.1.3	La précision des cartographies existantes.....	30
4.5.1.4	Les limites des milieux humides.....	30
4.5.1.5	Les références cartographiques pour les milieux terrestres.....	31
4.5.2	Date d'enregistrement des images aéroportées.....	31
4.5.3	Résolution ou niveau de classification atteint pour les milieux humides.....	31
4.5.4	Particularité des images aéroportées du capteur MEIS-II.....	34
5.0	CONCLUSION.....	35
6.0	PERSONNEL.....	36
7.0	RÉFÉRENCES.....	37

1.0 INTRODUCTION

Les milieux humides couvrent 10% des terres de la province de Québec. De ce fait, ils représentent une partie majeure du réseau hydrographique et constituent de plus des lieux privilégiés pour une flore particulière et une faune diversifiée. Cependant, l'activité anthropique met souvent en péril la conservation de ces milieux en raison des modifications de leur environnement.

Dans l'état actuel des besoins suscités par différents organismes gouvernementaux en ce qui concerne les milieux humides, il ressort que des inventaires complets à grande échelle et une surveillance sont requis. Dans cette optique de gestion, de protection et de mise en valeur du territoire, la présente étude vise à faire l'analyse d'une nouvelle approche de cartographie. Les méthodes conventionnelles par levés de terrain et photo-interprétation sont applicables pour des secteurs facilement accessibles et de superficies relativement restreintes. Cependant, pour de vastes territoires et en régions éloignées et peu accessibles ou en l'absence de couverture de photographies aériennes, l'inventaire devient une tâche beaucoup plus difficile, longue et coûteuse. Par conséquent, les méthodes de télédétection peuvent constituer une alternative avantageuse en terme de temps et d'économie.

À ce jour, le pouvoir de discrimination des images de télédétection entre les classes de milieux humides n'est pas entièrement connu. Les recherches dans ce domaine ont tout de même permis de dégager quelques méthodes dont l'efficacité est confirmée. Cependant, il est nécessaire de les adapter aux particularités des différents secteurs géographiques. L'hétérogénéité spatiale et spectrale des milieux humides constitue une problématique fondamentale dans l'utilisation d'images de télédétection. Cependant, l'amélioration de la résolution spatiale, spectrale et radiométrique des images aéroportées porte à croire qu'il existe de grandes possibilités pour réaliser la caractérisation des milieux humides suivant les critères de précision attendus.



2.0 CADRE ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE

La direction «Connaissance de l'état de l'environnement», préoccupée par les besoins relativement pressants de différents intervenants au niveau de la cartographie des milieux humides le long du fleuve Saint-Laurent, a fait l'acquisition d'images aéroportées du capteur MEIS-II pour le tronçon Cornwall-Trois-Rivières au cours de l'été 1990. Dans le cadre du suivi environnemental par télédétection, ces images multibandes pourraient être utilisées afin de cartographier avec la plus grande précision possible les milieux humides. Compte tenu du fait que la nature géométrique des données est connue (dimension des pixels), il est facile d'effectuer des mesures planimétriques (superficies) sur les classes d'intérêt, ce qui peut s'avérer un apport intéressant dans le contexte actuel du projet.

La présente étude s'est déroulée en deux phases distinctes. La première avait pour but la mise au point, à l'aide de trois sites-tests, d'une méthode de classification automatique supervisée des milieux humides et des grandes classes d'utilisation du sol. La deuxième phase avait pour but l'application de la méthode aux images couvrant le tronçon Varennes-Contrecoeur et le sud du lac Saint-Pierre.

3.0 PHASE I

De manière plus détaillée, la première phase consistait essentiellement à définir les possibilités du traitement numérique d'images et les capacités du capteur MEIS-II à fournir une description détaillée des groupements par espèce dominante, co-dominante, ainsi que des grandes classes d'utilisation du sol.

Les trois sites-tests ont été retenus en fonction de leur représentativité et de la disponibilité de relevés au sol assez récents. Ils ont servi d'échantillons pour déterminer les étapes du traitement des données. L'importance accordée à une bonne connaissance préalable des sites-tests et à l'écologie des espèces qui composent ces milieux humides a été déterminante dans l'exercice mené.

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 (lignes de vol 2S et 3N) et le 21 août 1990 (ligne de vol 4) 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.

Le tableau 1 présente les huit bandes spectrales du filtre «Water» du capteur MEIS II.



Tableau 1

BANDES SPECTRALES DU FILTRE «WATER» DU CAPTEUR MEIS II

CANAL IMAGE	CANAL MEIS	FILTRE	MINIMUM	MAXIMUM	DOMAINE
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

3.1.2 DONNÉES DE RÉFÉRENCE

Le présent projet ne comportant pas de visite sur le terrain, il a été nécessaire d'utiliser des données de référence existant déjà.

Pour le site-test de Dundee, ces données provenaient d'un rapport préparé pour le Service canadien de la faune (Environnement Canada, 1981) et des notes personnelles de M. Martin Jean de l'Institut de recherche en biologie végétale de l'Université de Montréal.

Pour le site de Contrecoeur, les données de référence provenaient d'un inventaire sur le terrain et d'une photo-interprétation réalisés en 1990 pour le Service canadien de la faune par Mme Louise Gratton, biologiste pigiste. Les photographies aériennes en

*Cartographie des milieux humides
du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II,
secteurs choisis entre Cornwall et Trois-Rivières*
AMENATECH INC.
Mars 1991



couleurs au 1:10 000 ayant servi à faire cette photo-interprétation ont aussi été utilisées.

Pour le site-test de la baie Saint-François, les données de référence provenaient des cartes de la végétation des milieux humides de cette région préparées pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec (Jacques, 1986). Des photographies aériennes en couleurs au 1:10 000 de 1985 ont aussi été prêtées par le bureau de Trois-Rivières du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche.

3.1.3 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 4.3 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.

3.2 MÉTHODE

Schématiquement, la méthode utilisée dans la phase I est la suivante :

- familiarisation avec les documents de référence (rapports, cartes, photos, etc.);
- lecture des images;
- création des sous-images des sites-tests;
- rehaussements des images :
 - examen des histogrammes des sous-images complètes;
 - examen des histogrammes des milieux humides;
 - réalisation d'étalements linéaires de contraste;
 - réalisation de rapports de bandes;
 - réalisation d'indices de végétation;
 - extraction des trois premières composantes principales;
 - affichage de compositions colorées;
 - affichage dans l'espace couleur de Taylor;

*Cartographie des milieux humides
du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II,
secteurs choisis entre Cornwall et Trois-Rivières*
AMÉNATECH INC.
Mars 1991



- examen des images avec les biologistes;
- choix de la composition colorée devant servir à délimiter les sites d'entraînement;
- élaboration de la légende et de la clé d'interprétation;
- délimitation des sites d'entraînement;
- purification des sites d'entraînement;
- calcul des signatures spectrales des sites d'entraînement;
- sélection des canaux optimaux pour la classification;
- estimation de la séparabilité des signatures spectrales;
- si nécessaire, retour à la délimitation des sites d'entraînement;
- classification;
- filtrage de la classification;
- examen de la classification avec les biologistes;
- si nécessaire, retour à la délimitation des sites d'entraînement;
- calcul des superficies.

Après avoir lu les images sur les rubans magnétiques fournis par le Centre Saint-Laurent et découpé trois sous-images de 1024 pixels par 1024 lignes, nous avons entrepris les étapes de recherche méthodologique sur les sites-tests.

Le premier objectif à atteindre était d'identifier les bandes spectrales, les néo-canaux ou les compositions colorées permettant de distinguer les classes à cartographier et de délimiter des sites d'entraînement pour chacune de ces classes.

Nous avons donc créé un certain nombre de néo-canaux en combinant les bandes spectrales dans des rapports simples ou complexes, classiques ou nouveaux. Nous avons aussi extrait les trois premières composantes principales des huit bandes spectrales originales.

Les bandes spectrales et les néo-canaux ont ensuite été évalués pour chacun des trois sites-tests. Lors de cette étape nous avons examiné à l'écran chaque canal et son histogramme et nous avons analysé la matrice de corrélation entre les canaux.

Les bandes spectrales du filtre «Water» du capteur MEIS peuvent être regroupées de la façon suivante selon le découpage habituel du spectre électromagnétique : proche-infrarouge: 3 et 1; rouge: 2 et 4; jaune: 5 vert: 8 et 6; bleu: 7.

Les bandes spectrales faisant partie de la même région du spectre présentent un très fort coefficient de corrélation. De plus, toutes les bandes du domaine visible du spectre présentent de forts coefficients de corrélation. Cependant, les bandes infrarouges sont très peu corrélées avec les bandes visibles. Le plus petit coefficient de corrélation se retrouve entre les bandes 3 (infrarouge) et 4 (rouge).

Après observation à l'écran de plusieurs compositions colorées, deux d'entre elles nous ont semblé plus contrastées que les autres. Il s'agit de celle affichant la bande 3 en rouge, la bande 4 en vert et la bande 8 en bleu et de celle affichant la première composante principale en rouge, la deuxième en vert et la troisième en bleu.

La composition colorée des bandes spectrales 3, 4 et 8 a cependant un avantage sur celle des trois premières composantes principales : c'est celui de pouvoir interpréter en fonction des interactions connues entre le rayonnement électromagnétique et la matière. C'est donc cette composition qui a été adoptée pour délimiter les sites d'entraînement, quitte à recourir à d'autres canaux ou d'autres compositions au besoin pour des classes particulières.

Nous avons ensuite identifié les quatre canaux optimaux pour la classification automatique. Pour ce faire, trois méthodes sont offertes par le programme CHNSEL du système EASI/PACE : la divergence interclasse moyenne, la divergence interclasse modifiée moyenne et la divergence interclasse minimale.



L'analyse des images et des données de référence mises à notre disposition nous ont permis de distinguer une douzaine de classes de milieux humides. Comme seulement huit classes peuvent être utilisées par le programme CHNSEL, nous avons choisi les huit classes de milieux humides les plus importantes et les plus susceptibles d'être difficilement séparables.

Il semble que tous les sous-ensembles de quatre bandes spectrales comprenant au moins un bande dans l'infrarouge, une bande dans le rouge et une bande dans le vert donnent des résultats comparables. Ceci a été confirmé par une expérience avec le programme d'évaluation de la séparabilité des classes (SIGSEP), qui présente à peu près les mêmes séparabilités pour tous les sous-ensembles de ce type.

3.3 RÉSULTATS

Les tableaux 2, 3 et 4 présentent les classes de milieux humides et d'utilisation du sol qu'il a été possible de classer sur les trois sites-tests et leurs superficies respectives en hectares.



Tableau 2

STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DU SITE-TEST DE DUNDEE

Classe	Pixels	Hectares	%
Eau sans apparence de végétation (fleuve)	289 971	1420,9	27,65
Eau sans apparence de végétation (rivière)	41 044	201,1	3,91
Herbier aquatique à végétation submergée	164 929	808,2	15,73
Herbier aquatique à plantes à feuilles flottantes	54 158	265,4	5,16
Marais profond à typha	53 736	263,3	5,12
Prairie humide à carex	55 769	273,3	5,32
Prairie humide à calamagrostis	53 100	260,2	5,06
Marécage arbustif ouvert à aulne	26 223	128,5	2,50
Marécage arbustif fermé à aulne	36 531	179,0	3,48
Marécage arboré à mélèze	15 989	78,3	1,52
Marécage arboré à érable rouge	34 739	170,2	3,31
Friche herbacée	5 144	25,2	0,49
Friche arbustive	10 560	51,7	1,01
Cèdrière	3 544	17,4	0,34
Forêt de feuillus	29 272	143,4	2,79
Fourrages et pâturages 1	30 157	147,8	2,88
Fourrages et pâturages 2	7 215	35,4	0,69
Culture non identifiée 1	1 545	7,6	0,15
Culture non identifiée 2	2 262	11,1	0,22
Sol nu, routes et zones bâties	17 504	85,8	1,67
Non classé	115 184	564,4	10,98
Total	1 048 576	5138,0	100,00



Tableau 3

STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DU SITE-TEST DE CONTRECOEUR

Classe	Pixels	Hectares	%
Eau sans apparence de végétation	341 090	1671,3	32,53
Herbier aquatique à végétation submergée	36 637	179,5	3,49
Herbier aquatique à végétation submergée à myriophylle et élodée	3 873	19,0	0,37
Herbier aquatique à végétation submergée à myriophylle	15 375	75,3	1,47
Marais profond à typha	21 571	105,7	2,06
Marais profond à sagittaire	16 923	82,9	1,61
Marais peu profond à scirpe fluvatile	38 055	186,5	3,63
Prairie humide à graminées hautes	36 162	177,2	3,45
Prairie humide à graminées basses	24 417	119,6	2,33
Forêt de feuillus	110 234	540,1	10,51
Friche	56 198	275,4	5,36
Fourrages et pâturages 1	57 129	279,9	5,45
Fourrages et pâturages 2	6 570	32,2	0,63
Céréales	17 155	84,1	1,64
Maïs	15 864	77,7	1,51
Culture non identifiée 1 du côté de Lavaltrie	1 637	8,0	0,16
Culture non identifiée 2 du côté de Lavaltrie	8 812	43,2	0,84
Sol nu (surtout agricole)	39 793	195,0	3,79
Villes et routes	104 830	513,7	10,00
Zone industrielle	17 165	84,1	1,64
Non classé	79 086	387,5	7,54
Total	1 048 576	5138,0	100,00



Tableau 4

STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DU SITE-TEST DE LA BAIE SAINT-FRANÇOIS

Classe	Pixels	Hectares	%
Eau sans apparence de végétation	153 886	754,0	14,68
Herbier aquatique à végétation submergée	41 668	204,2	3,97
Marais profond à scirpe lacustre et/ou à scirpe américain	21 173	103,7	2,02
Marais profond très ouvert à plantes à feuilles flottantes et à émergentes	36 860	180,6	3,52
Marais profond à plantes à feuilles flottantes et à émergentes	38 105	186,7	3,63
Marais profond à sagittaire	27 681	135,6	2,64
Marais peu profond d'émergentes à feuilles étroites (typha, rubanier, butome)	65 341	320,2	6,23
Marais peu profond à scirpe fluviatile 1	91 344	447,6	8,71
Marais peu profond à scirpe fluviatile 2	18 677	91,5	1,78
Prairie humide à phalaris	39 696	194,5	3,79
Prairie humide à graminées 1	37 880	185,6	3,61
Prairie humide à graminées 2	42 859	210,0	4,09
Marécage arbustif à saules	38 107	186,7	3,63
Marécage arboré à érable argenté	92 090	451,2	8,78
Forêt de feuillus (érable rouge ?)	50 416	247,0	4,81
Fourrages et pâturages	112 460	551,1	10,73
Maïs	56 030	274,5	5,34
Sol nu 1	35 418	173,5	3,38
Sol nu 2	2 024	9,9	0,19
Sol nu 3	901	4,4	0,09
Non classé	45 960	225,2	4,38
Total	1 048 576	5138,0	100,00

3.4 COMMENTAIRES

La réalisation de la phase I a suscité les commentaires suivants :

- 1) Les images contiennent beaucoup d'information sur les milieux humides; la difficulté réside dans le fait de rendre cette information accessible dans une forme qui se rapproche des documents traditionnels ou qui puisse être utile aux utilisateurs (problème d'élaboration de la légende).
- 2) L'existence de zones de transition dans la végétation naturelle a pour conséquence que des classes pures ne permettent pas de classer la totalité du territoire. Pour remédier à ce problème, les seuils des classes ont été fixés relativement hauts afin de réduire la proportion de pixels non classés. Ainsi, de 89 à 95% du territoire de chaque site-test a pu être classé. Toutefois, ceci a comme effet négatif d'augmenter le risque de confusion et de mauvaise classification. Si on était prêt à tolérer une plus grande proportion de pixels non classés, on réduirait la confusion entre les classes et les cas de mauvaise classification.
- 3) Le manque d'information sur l'utilisation du sol à l'extérieur des milieux humides ne nous a pas permis d'aller très loin de ce côté. Le fait d'utiliser des images et des méthodes de télédétection ne nous dispense pas d'avoir à faire des relevés et des vérifications sur le terrain.
- 4) La plupart des confusions importantes se produisent avec des classes du territoire agricole. Tomlins (1986) a déjà constaté ce fait et recommande de classer les milieux humides séparément du reste du territoire. Dans le cas des milieux humides situés le long du fleuve Saint-Laurent entre Cornwall et Trois-Rivières, il est assez facile de les distinguer des territoires agricole et urbanisé.

*Cartographie des milieux humides
du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II,
secteurs choisis entre Cornwall et Trois-Rivières*
AMENATECH INC.
Mars 1991



- 5) Il est difficile d'intégrer l'information sur l'ouverture des marais aux présentes classifications. Il serait plus facile de traiter cette information de façon séparée avec une bande infrarouge.
- 6) La complexité du site-test de la baie Saint-François nous a rappelé que dans certains cas les images de télédétection permettent beaucoup plus d'identifier une physionomie particulière qu'une espèce particulière, sauf dans les cas de peuplements relativement purs ou d'associations relativement homogènes.
- 7) Sur le site-test de la baie Saint-François, les champs de maïs, qui se distinguent habituellement très bien du reste, présentent de la confusion avec un type de prairie humide à graminées. Ceci est probablement dû au fait que le maïs n'était pas encore suffisamment développé lors du survol du 26 juillet.
- 8) Les herbiers aquatiques à végétation submergée ne sont pas aussi développés le 26 juillet que le 21 août.
- 9) Sur le site-test de Contrecoeur, les prairies humides présentent un certain degré de confusion avec une classe de «fourrages et pâturages» et surtout avec la friche. Ceci n'est pas étonnant lorsqu'on pense que les îles sur lesquelles on retrouve les prairies humides ont déjà servi de pâturages et ont même été cultivées.
- 10) En général, l'image du 21 août 1990 est mieux adaptée à la classification des milieux humides et du territoire agricole que les images du 26 juillet 1990. Il faut éviter de tirer une conclusion générale de ce fait car il peut résulter des conditions particulières de la saison de croissance de 1990.



3.5 CONCLUSIONS TIRÉES DE LA PHASE I

La méthode suggérée dans les termes de référence consistait à classifier l'ensemble du tronçon dans la phase II à partir des signatures spectrales tirées des trois sites-tests de la phase I.

Plusieurs facteurs nous empêchent d'appliquer cette méthode. Premièrement, les images n'ont pas été corrigées des effets de l'atmosphère ni standardisées radiométriquement. De plus, il semble que l'état actuel de développement des méthodes de correction ne nous permettent pas d'obtenir à court terme, ni même à moyen terme, des images aéroportées standardisées au point de pouvoir transporter des signatures spectrales d'une image à l'autre.

Deuxièmement, même si des images standardisées étaient disponibles, tous les auteurs s'entendent pour dire que les signatures spectrales doivent être calculées à partir de sites d'entraînement bien répartis sur les images. Si cela est vrai pour des objets aussi homogènes que des champs de maïs, ce l'est encore plus pour des objets comme des classes de milieux humides qui présentent une grande variance interne.

Pour illustrer ce point, pensons à la classe «marais peu profond à scirpe fluviatile». Cette classe peut présenter une certaine densité et une certaine homogénéité sur un site et une densité et une homogénéité légèrement différentes sur un autre site et, pour une même date de prise de vue, un stade de développement différent selon les conditions du milieu.

Malgré ces considérations, les résultats de la phase I sont loin d'être décevants. L'analyse des trois sites-tests nous a permis de constater que les images MEIS contiennent beaucoup d'information sur les milieux humides. Sur le site-test de la baie Saint-François il a été possible de distinguer 10 classes de milieux humides, sur le site-test de Contrecoeur 8 classes et sur le site-test de Dundee 9 classes.



Certaines de ces classes se confondent parfois avec des classes de milieux secs. Par exemple, les prairies humides se confondent parfois avec les friches ou certains champs de la classe «fourrages et pâturages». Ces confusions sont facilement compréhensibles compte tenu du fait que certaines prairies humides ont déjà été cultivées ou ont déjà servi de pâturages. Il arrive aussi qu'au mois de juillet les prairies humides se confondent avec des champs de maïs qui ne sont pas encore à maturité. Il est possible de contourner ces confusions et les autres du même genre en classifiant séparément les milieux humides et les milieux secs. Dans la plupart des cas, il est en effet assez facile de séparer les milieux secs des milieux humides par une interprétation rapide de l'image. De plus, les périodes d'acquisition de données doivent être bien planifiées en considérant le développement des espèces présentes.



4.0 PHASE II

La méthode alternative découlant des résultats de la phase I nécessitant plus de travail, il a été nécessaire de sélectionner des secteurs prioritaires à être traités dans les limites de l'échéancier et du budget originaux. Ainsi, les représentants du Centre Saint-Laurent ont retenus deux secteurs prioritaires soit le fleuve entre Varennes et Contrecoeur et le sud du lac Saint-Pierre.

4.1 MATÉRIEL

4.1.1 IMAGES MULTIBANDES

Les secteurs prioritaires sélectionnés sont couverts par les lignes de vol 4, 3N et 4N. Ces lignes de vol ont été enregistrées le 26 juillet 1990 (lignes 3N et 4N) et le 21 août 1990 (ligne 4). La phase I ayant déterminé que les bandes spectrales 1, 3, 4 et 8 étaient les plus utiles, seules celles-ci ont été utilisées dans la phase II.

4.1.2 DONNÉES DE RÉFÉRENCE

La méthode alternative utilisée nécessitant plus de données de référence que la méthode prévue et étant donnée l'impossibilité de se rendre sur le terrain dans le cadre du présent projet, il a été nécessaire de rassembler toutes les données de référence déjà disponibles.

Ces données sont:

- 1) 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;
- 2) quelques sites étudiés et photo-interprétés pour le Service canadien de la faune (Chauvette, 1989);

*Cartographie des milieux humides
du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II,
secteurs choisis entre Cornwall et Trois-Rivières*
AMENATECH INC.
Mars 1991



- 3) les cartes de la végétation des milieux humides de l'île Sainte-Thérèse et des îles avoisinantes réalisées par Denis Jacques (1981) pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec dans le cadre du projet Archipel;
- 4) quelques sites sur lesquels Louise Gratton, participant au présent projet, possède des données;
- 5) les cartes de la végétation des îles de Boucherville à Contrecoeur produites par le Centre de recherche écologique de Montréal (Pilon *et al.*, 1980).

4.2 MÉTHODE

La méthode utilisée lors de la phase II est classique et a fait ses preuves dans plusieurs domaines d'application.

Il s'agit essentiellement de classifier les images en faisant des sites d'entraînement sur chacune d'entre elles. De plus, comme les lignes de vol sont longues et couvrent des zones géographiques potentiellement différentes en terme de milieux humides, il est essentiel de découper les images en segments potentiellement homogènes, de faire des sites d'entraînement sur chacun d'eux et de les classifier séparément tout en assurant la continuité entre eux.

Pour découper les images en segments homogènes, nous avons consulté des ouvrages spécialisés dans lesquels cette question est abordée (Couillard et Grondin, 1986; Gratton et Dubreuil, 1990).

De plus, pour éviter le problème de confusion entre milieux humides et milieux secs (Tomlins, 1986, p. 169), il est nécessaire de séparer ces deux environnements et de les classifier en deux étapes pour ensuite intégrer les résultats en une seule image.

Schématiquement, la méthode utilisée pour la phase II est la suivante :

*Cartographie des milieux humides
du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II,
secteurs choisis entre Cornwall et Trois-Rivières*
AMENATECH INC.
Mars 1991



- recherche et examen des documents de référence (rapports, cartes, photos, etc.);
- lecture des images;
- préfiltrage des images;
- découpage des images en segments homogènes;
- séparation des milieux humides et des milieux secs;
- délimitation des sites d'entraînement;
- purification des sites d'entraînement;
- calcul des signatures spectrales des sites d'entraînement;
- estimation de la séparabilité des signatures spectrales;
- si nécessaire, retour à la délimitation des sites d'entraînement;
- classification;
- filtrage de la classification;
- évaluation de la classification;
- si nécessaire, retour à la délimitation des sites d'entraînement;
- intégration des classifications des milieux humides et des milieux secs;
- calcul des superficies et présentation sous forme de tableaux.

4.3 LÉGENDE

Les résultats de la phase I ont permis de fixer la légende de base suivante. Cette légende s'inspire du système de classification des terres humides du Québec (Jacques et Hamel, 1982).

- Milieux humides
 - Substrat dénudé (1 classe)
 - Eau libre (2 classes)
 - Herbier aquatique à végétation submergée (de 1 à 3 classes selon les dates et les sites)
 - Herbier aquatique à végétation à feuilles flottantes (1 classe)
 - Marais profond (de 3 à 4 classes)

*Cartographie des milieux humides
du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II,
secteurs choisis entre Cornwall et Trois-Rivières*
AMENATECH INC.
Mars 1991



- Marais peu profond (de 2 à 3 classes)
- Prairie humide (1 ou 2 classes)
- Marécage arbustif (1 ou 2 classes)
- Marécage arboré (1 ou 2 classes)
- Utilisation du sol
 - Labours annuels (1 classe incluant le maïs, les autres céréales et certains champs de sol nu au moment du survol)
 - Fourrages et pâturages (1 classe)
 - Friches (1 classe)
 - Forêts (de 1 à 3 classes selon les proportions de feuillus et de conifères)
 - Espaces bâtis, routes et certaines surfaces de sol nu (1 classe)

Selon la date, le site, les groupements en présence et leurs densités, il est possible de différencier un certain nombre de types de dominance ou à tout le moins de sous-formes de croissance.

4.4 RÉSULTATS

Les tableaux 5, 6, 7 et 8 présentent les classes qu'il a été possible de distinguer sur les quatre segments couvrant les secteurs prioritaires. Leurs superficies respectives y sont aussi indiquées.

4.4.1 NOTES CONCERNANT LE SEGMENT 4N/1, TRONÇON VARENNES-CONTRECOEUR

1) La classe «prairie humide à graminées basses» peut comprendre des surfaces très rarement ou même jamais inondables localisées dans un contexte de milieux humides.

2) La classe «herbier aquatique à végétation à feuilles flottantes» comprend des zones d'accumulation d'algues filamenteuses trop petites et trop hétérogènes pour qu'il ait



été possible de faire des sites d'entraînement. Des réponses spectrales similaires de ces deux classes expliquent cette classification.

3) Des surfaces de prairie humide à graminées basses des îles situées à la pointe est de l'île de Montréal ont été classées de façon erronée en herbier aquatique à végétation à feuilles flottantes. Cette classification surprenante est probablement dûe au fait qu'un seul site d'herbier aquatique à végétation à feuilles flottantes a pu servir de site d'entraînement et qu'ailleurs dans la ligne de vol la signature tirée de ce site se rapproche de la signature de la prairie humide à graminées basses. La correction d'erreurs de ce genre nécessiterait des vérifications sur le terrain, plus de temps d'analyse du spécialiste en télédétection et plus de temps de traitement par ordinateur.

4) La sous-classe «sol nu» de la classe «labours annuels» et la classe «zones bâties» présentent un certain niveau de confusion. En effet, certains champs agricoles de sol nu sont classés comme zones bâties. Nous n'avons pas joint ces deux classes car, en général, la classification est correcte. L'utilisateur de la classification doit cependant tenir compte de cette possibilité de confusion.

5) La proportion de pixels non classés dans les milieux humides est de 0,75%. Ce sont surtout des pixels mixtes.

6) La proportion de pixels non classés dans la bande de 1 km de milieux secs est de 10,63%. Ce sont des pixels mixtes et des pixels faisant partie de zones de l'espace spectral qu'il a été impossible de définir.

4.4.2 NOTES CONCERNANT LE SEGMENT 3N/2, BAIE SAINT-FRANÇOIS

1) La partie gauche de cette image semble particulièrement mal classée si on la compare aux données de référence. La seule explication que nous voyons à ce fait est la présence possible d'ombres de nuages. En effet, la partie gauche est plus sombre que le reste de l'image. Cette hypothèse est appuyée par le fait que la ligne de vol 2N,

enregistrée le même jour, probablement à quelques minutes d'intervalle, montre de très nombreux nuages au dessus des îles de Berthier-Sorel.

2) L'herbier aquatique à végétation à feuilles flottantes est sûrement beaucoup surestimé. Une grande surface de prairie humide à graminées hautes située sur l'île du Moine est classée par erreur en herbier aquatique à végétation à feuilles flottantes. C'est probablement la présence d'ombres de nuages qui est la cause de cette erreur.

3) Faute d'obtenir des informations fiables sur la baie de Lavalrière, nous avons interprété ce que nous voyions sur l'image comme de l'herbier aquatique à végétation à feuilles flottantes. Une grande partie de la baie a donc été classée de cette façon. Il se peut cependant que des aménagements récents aient perturbé cet endroit et que ce qui semblait être de l'herbier aquatique à végétation à feuilles flottantes soit de l'accumulation de débris de plantes mortes. Ceci est à vérifier sur le terrain.

4) De grandes parties des îles situées en bordure du fleuve sont classées par erreur en marais profond à émergentes à feuilles étroites. Ceci est probablement dû à la présence d'ombres de nuages.

5) De grandes parties de l'île des Barques et de l'île du Moine sont classées par erreur en marais peu profond à scirpe fluviatile. Encore une fois, ceci est probablement dû à la présence d'ombres de nuages.

6) La proportion de pixels non classés dans les milieux humides est de 2,61%. Ce sont surtout des pixels mixtes situés en bordure de l'eau et des masses d'eau particulièrement turbide.

7) La proportion de pixels non classés dans la bande de 1 km de milieux secs est de 14,69%. Ce sont là aussi des pixels mixtes situés en bordure de l'eau, dans des zones de villégiature et dans des champs agricoles présentant en alternance des bandes de sol nu et des bandes de végétation. Ce dernier phénomène se présente probablement dans des champs de maïs n'ayant pas encore atteint un degré de

*Cartographie des milieux humides
du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II,
secteurs choisis entre Cornwall et Trois-Rivières*
AMÉNATECH INC.
Mars 1991



maturité suffisant pour couvrir complètement le sol. Enfin, un nuage n'ayant pas été caché par le masque constitue une tache de pixels non classés.

4.4.3 NOTES CONCERNANT LE SEGMENT 3N/1, LAC SAINT-PIERRE

1) Les classes «marais peu profond à émergentes» et marécage arboré à érable argenté» se confondent partiellement sur cette image. Certaines surfaces de marécage arboré sont classées par erreur en marais.

2) Le marais profond à émergentes colonisé par les algues filamenteuses est probablement surestimé à cause d'une confusion avec le marais profond à émergentes à feuilles étroites (clairsemé) sur fond minéral, entre autre près de la Longue Pointe.

3) La classe «labours annuels», ici essentiellement constituée de sols nus, se confond partiellement avec la classe «zones bâties»; c'est à dire que des zones bâties sont classées comme sols nus.

4) La classe «fourrages et pâturages» est probablement surévaluée à cause de la difficulté à identifier le maïs sur cette image. C'est probablement le fait que cette image a été enregistrée le 26 juillet, une date à laquelle le maïs n'a pas encore atteint une taille suffisante.

5) Les friches, assez abondantes sur la rive sud du fleuve entre Nicolet et Trois-Rivières, ont été classées dans la classe «fourrages et pâturages».

6) La proportion de pixels non classés dans les milieux humides est de 4,05%. Un très grand nombre de ces pixels auraient dû être classés en marais profond à émergentes à feuilles étroites (dense). La cause de cette non classification n'a pas été identifiée.

La partie des îles de l'embouchure de la rivière Saint-Maurice qui avait été considérée comme faisant partie des milieux humides lors de la définition des masques est aussi en



grande partie non classée. Probablement que ces îles comportent très peu de zones réellement inondables.

Enfin, un certain nombre de pixels mixtes sont non classés.

7) La proportion de pixels non classés dans la bande de 1 km de milieux secs est seulement de 2,04%.

4.4.4 NOTES CONCERNANT LE SEGMENT 4N/2, RIVE SUD DU LAC SAINT-PIERRE

1) Par rapport aux documents de référence (Jacques, 1986), des surfaces de marécage arboré seraient classées par erreur en marais peu profond à émergentes. Cependant, il semble y avoir eu des perturbations importantes dans ce secteur depuis cette cartographie et des vérifications sur le terrain seraient nécessaires pour confirmer l'existence d'une confusion.

2) Sur cette image, comme sur celle du segment 3N/1, il a été très difficile de distinguer les champs de maïs des champs de fourrages et pâturages des champs de céréales. À l'observation de la classification il semble que le maïs a probablement été surestimé au dépend des fourrages et pâturages et des céréales.

3) La proportion de pixels non classés dans les milieux humides est de 3,15%; ce sont surtout des pixels mixtes. Cependant, les digues de l'aménagement de Canards illimités situées près de la Longue Pointe n'ont pas été classées non plus.

4) La proportion de pixels non classés dans la bande de 1 km de milieux secs est de 6,35%. Ce sont surtout des pixels mixtes et certains champs agricoles très hétérogènes présentant des surfaces de sol peu végétalisées en alternance avec des surface couvertes de végétation.



Tableau 5

STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DU SEGMENT 4/1 (TRONÇON VARENNES-CONTRECOEUR)

(MILIEUX HUMIDES ET 1 KM DE RIVE)

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
	2			
Eau libre	10	1 250 789	6 128,9	31,20
Eau libre peu profonde sur fond minéral	11	97 779	479,1	2,44
Herbier aquatique à végétation submergée	20	134 183	657,5	3,35
Herbier aquatique à végétation submergée à myriophylle et élodée	21	5 579	27,3	0,14
Herbier aquatique à végétation submergée à myriophylle	22	20 132	98,6	0,50
Herbier aquatique à végétation à feuilles flottantes	30	24 512	120,1	0,61
Marais profond à typha	43	68 280	334,6	1,70
Marais profond à sagittaire	53	21 275	104,2	0,53
Marais peu profond à scirpe fluviatile	54, 55	30 482	149,4	0,76
Prairie humide à graminées hautes	60	126 280	618,8	3,15
Prairie humide à graminées basses	62	54 875	268,9	1,37
Prairie humide à pissenlit officinal	63	8 231	40,3	0,21
Marécage arboré	80	15 499	75,9	0,39
Labours annuels	100, 101, 103	310 726	1 522,6	7,75
Fourrages et pâturages	110, 111	282 824	1 385,8	7,06
Friches	120	399 934	1 959,7	9,98
Forêt de feuillus	131	81 990	401,8	2,05
Zones bâties	140, 141	833 731	4 085,3	20,80
Non classé	0	241 267	1 182,2	6,02
Total		4 008 368	19 641,0	100,00



Tableau 6

STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DU SEGMENT 3N/2 (BAIE SAINT-FRANÇOIS)

(MILIEUX HUMIDES ET 1 KM DE RIVE)

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Substrat dénudé minéral	1	383	1,9	0,02
Eau libre	10	128 848	631,4	6,65
Herbier aquatique à végétation submergée	20	41 408	202,9	2,14
Herbier aquatique à végétation à feuilles flottantes	30	100 457	492,2	5,19
Marais profond à végétation à feuilles flottantes et à émergentes	46	79 758	390,8	4,12
Marais profond ouvert à végétation à feuilles flottantes et à émergentes	44	42 874	210,1	2,21
Marais profond à émergentes à feuilles étroites	45	148 793	729,1	7,68
Marais peu profond à sagittaire	53	15 827	77,6	0,82
Marais peu profond à scirpe fluviatile	54, 55	194 615	953,6	10,05
Prairie humides à graminées hautes	60	233 773	1 145,5	12,07
Marécage arbustif	70	57 945	283,9	2,99
Marécage arboré à érable argenté	81	151 691	743,3	7,83
Marécage arboré à saules	82	19 314	94,6	1,00
Labours annuels	100, 101	165 883	812,8	8,56
Fourrages et pâturages	110, 111	316 224	1 549,5	16,33
Forêt de feuillus	130	103 695	508,1	5,35
Non classé	0	135 508	664,0	7,00
Total		1 936 996	9 491,3	100,00



Tableau 7

STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DU SEGMENT 3N/1 (LAC SAINT-PIERRE)

(MILIEUX HUMIDES ET 1 KM DE RIVE)

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Substrat dénudé minéral	1	800	3,9	0,01
Eau libre	10,12,13,14	2 561 452	12 551,1	46,92
Eau libre peu profonde sur fond minéral	11	24 867	121,8	0,46
Herbier aquatique à végétation submergée	20	647 142	3 171,0	11,85
Marais profond à émergentes à feuilles étroites (clairsemé)	40	311 826	1 527,9	5,71
Marais profond à émergentes à feuilles étroites (dense)	41	59 758	292,8	1,09
Marais profond à émergentes colonisé par les algues filamenteuses	42, 47	121 955	597,6	2,23
Marais peu profond à émergentes	52	47 361	232,1	0,87
Prairie humide à graminées hautes	60	91 560	448,6	1,68
Marécage arboré à érable argenté	81	114 113	559,2	2,09
Marécage arboré ou arbustif à saules	82	47 061	230,6	0,86
Labours annuels	101	178 948	876,8	3,28
Fourrages et pâturages	110	692 751	3 394,5	12,69
Forêt de feuillus	131	150 884	739,3	2,76
Forêt ou plantation de conifères	133	19 021	93,2	0,35
Zones bâties	140	194 082	951,0	3,56
Non classé	0	195 723	959,0	3,59
Total		5 459 304	26 750,6	100,00



Tableau 8

STATISTIQUES DE LA CLASSIFICATION DU SEGMENT 4N/2 (RIVE SUD DU LAC SAINT-PIERRE)

(MILIEUX HUMIDES ET 1 KM DE RIVE)

Classe	Codes	Pixels	Hectares	%
Substrat dénudé minéral	1, 2	4 577	22,4	0,42
Eau libre	10	8 639	42,3	0,80
Eau libre peu profonde sur fond minéral	11	19 015	93,2	1,76
Herbier aquatique à végétation submergée	20	28 311	138,7	2,62
Herbier aquatique à végétation à feuilles flottantes	30	1 796	8,8	0,17
Marais profond à émergentes à feuilles étroites (clairsemé)	40	76 350	374,1	7,05
Marais profond à émergentes à feuilles étroites (dense)	41	85 846	420,6	7,93
Marais peu profond à émergentes	50	18 799	92,1	1,74
Marais peu profond à typha	51	2 849	14,0	0,26
Prairie humide à graminées hautes	60, 61	169 754	831,8	15,68
Marécage arbustif	70	25 583	125,4	2,36
Marécage arboré	80	82 451	404,0	7,62
Labours annuels	100, 101, 103, 105	339 369	1 662,9	31,35
Fourrages et pâturages	110, 111, 112	142 888	700,2	13,20
Forêt de feuillus	131	8 131	39,8	0,75
Forêt de conifères	132	3 711	18,2	0,34
Zones bâties	140	12 760	62,5	1,18
Non classé	0	51 592	252,8	4,77
Total		1 082 421	5 303,9	100,00

4.5 DISCUSSION

4.5.1 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 la classification des milieux humides à des cartographies déjà existantes de la végétation des marécages, marais et herbiers du fleuve Saint-Laurent. Ceci comporte plusieurs désavantages pour l'interprétation des images aéroportées comme pour les images satellitaires.

4.5.1.1 *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 dans le couvert végétal. En ce qui concerne le territoire à l'étude, une brève vérification a démontré qu'aucun changement dû à des phénomènes naturels (érosion, sédimentation, succession végétale) ne semblait avoir modifié de façon marquée la végétation des milieux humides.

Cependant dans la région du lac Saint-Pierre, des modifications locales d'origine anthropique (déboisement, mise en culture, construction de digues et ennoyement) ont considérablement altéré le couvert végétal, au point de rendre inutile les cartographies existantes.

4.5.1.2 La classification de la végétation

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

Pour la réserve nationale de la faune de Dundee au lac Saint-François, les auteurs 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 d'identifier un aspect différentiel du groupement traduisant généralement une caractéristique particulière du milieu.

Dans le cas du lac Saint-Pierre, du secteur de l'île Sainte-Thérèse et de la réserve nationale de faune des îles de Contrecoeur, 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. Il est basé 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).

Pour le reste du couloir fluvial, c'est-à-dire les îles de Varennes et de Verchères, les cartographies illustrent d'une trame la physionomie de la végétation. Chaque unité cartographiée est désignée par une ou plusieurs espèces caractéristiques.

Dans l'interprétation des images aéroportées, chacune de ces classifications comportent les mêmes problèmes. Sur le plan de la physionomie, on accorde une priorité basée sur la taille des végétaux dans le choix des espèces décrivant l'unité

*Cartographie des milieux humides
du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II,
secteurs choisis entre Comwall et Trois-Rivières*
AMÉNATECH INC.
Mars 1991



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 hiérarchie arbitraire de la végétation n'est 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, il a été relativement facile de contourner ces problèmes puisque l'on disposait de photographies aériennes récentes (août 1990) auxquelles étaient superposées les acétates où les limites des unités cartographiques sont inscrites et les espèces dominante et co-dominante décrites.

4.5.1.3 La précision des cartographies existantes

Les niveaux de précision des références cartographiques sont très différents d'un document à l'autre. Alors que le découpage cartographique du lac Saint-Pierre, du secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Contrecoeur, basé sur une photo-interprétation détaillée de photographies aériennes à l'échelle 1:10 000, rendait parfois la comparaison avec l'image aérée, les imprécisions dans les périmètres dans les cartographies de Dundee et des îles de Varennes et de Verchères, étaient parfois tout aussi difficile à rattacher à l'image.

4.5.1.4 Les limites des milieux humides

Les limites entre les milieux humides et terrestres ont été fixées de manière arbitraire en se fiant aux cartographies existantes ou aux indications des personnes-ressources.

*Cartographie des milieux humides
du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II,
secteurs choisis entre Cornwall et Trois-Rivières
AMENATECH INC.
Mars 1991*



Les terres agricoles ont toutes été incluses au milieu terrestre afin d'éliminer la confusion qu'elle pouvait entraîner dans la classification des prairies hautes à graminées. Ceci ne signifie pas pour autant qu'elles ne soient pas inondables.

4.5.1.5 *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, nous ne disposons bien souvent d'aucune donnée de terrain. Ceci rend particulièrement difficile la classification des terres agricoles. Seule dans la région des îles de Contrecoeur, la couverture photographique partielle des terres adjacentes a permis de valider la classification de l'utilisation des sols.

4.5.2 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, les lignes de vol prises en août s'avèrent plus faciles à classer 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.

4.5.3 RÉOLUTION 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 phytionomiques telles les herbiers de

*Cartographie des milieux humides
du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II,
secteurs choisis entre Cornwall et Trois-Rivières*
AMÉNATECH INC.
Mars 1991



plantes submergées, les herbiers de plantes à feuilles flottantes, les marais profond et peu profond à plantes émergentes à feuilles étroites ou à feuilles larges, 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. En effet, pour des classes physiologiques distinguées sur l'image aéroportée, des espèces ont pu leur être associées à partir des documents de référence.

Les herbiers de plantes submergées et les herbiers de plantes à feuilles flottantes

Il est impossible pour le territoire étudié de distinguer des particularités régionales dans les herbiers de plantes submergées. À Contrecoeur toutefois, les herbiers à myriophylle à épi et à élodée du Canada qui atteignent la surface de l'eau à la fin de l'été ont été repérés. Les herbiers de plantes à feuilles flottantes sont le plus fréquent au lac Saint-Pierre, dans les secteurs de la baie Saint-François et de la baie Lavallières. Ils se distinguent facilement à la manière dont ils réfractent la lumière en raison de la position horizontale de leur feuillage.

Les marais profonds et peu profonds

Dans la région du lac Saint-Pierre, les marais profonds sont généralement associés au scirpe américain et au scirpe lacustre. Sur le couloir fluvial et le lac Saint-François, ces marais profonds se composent généralement de typha à feuilles étroites (quenouille). Dans le secteur de Dundee, 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, reflète la bande spectrale rouge.

Les marais peu profonds sont plus diversifiés. On peut distinguer ceux dominés par les plantes émergentes robustes (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

*Cartographie des milieux humides
du Saint-Laurent avec le capteur MEIS-II,
secteurs choisis entre Cornwall et Trois-Rivières*
AMENATECH INC.
Mars 1991



extrémité formé 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 et basses

Les prairies hautes se composent presque essentiellement de graminées d'où leur appellation. Au lac Saint-Pierre et dans le couloir fluvial, 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, ce sont les carex aquatique et lacustre qui occupent cette niche physionomique. Au lac Saint-Pierre, 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, etc.) sont généralement plus diversifiées en espèces que les prairies hautes.

Les marécages arbustifs et arborés

Les marécages arbustifs se composent dans la région du lac Saint-Pierre et du couloir fluvial de diverses espèces non-différenciées de saules. Ceux à dominance d'aune rugueux sont plutôt rares alors qu'ils dominent dans la région de Dundee. 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 et les érablières rouges au lac Saint-François. Dans cette dernière région, la présence de résineux (mélèze laricin) est aisément notable.



4.5.4 PARTICULARITÉ DES IMAGES AÉROPORTÉES DU CAPTEUR MEIS-II

Les longs segments 4/1 et 3N/1 présentent un problème particulier de classification. Certaines classes pourtant habituellement très facilement classifiables n'y sont pas complètement classifiées ou y sont mal classifiées même après qu'un très grand nombre de sites d'entraînement ait été fait.

Après examen des images, il semble que ce problème soit dû à une réponse non uniforme du capteur le long d'une ligne de vol, particulièrement si des environnements très différents sont survolés. Ce problème est particulièrement remarquable dans les bandes spectrales infrarouges au dessus du lac Saint-Pierre.

Ce fait nous suggère que le capteur MEIS-II ne produit pas des images assez uniformes pour être utilisées dans des classifications automatiques complexes sur de longues lignes de vol.

Pour contourner ce problème de non uniformité des images, il serait nécessaire de découper les images en segments plus courts risquant moins de présenter des variations de réponse du capteur.

5.0 CONCLUSION

Quelques brèves conclusions peuvent être tirées des deux phases du présent travail.

- 1) Il est essentiel d'inclure une campagne de collecte de données sur le terrain pour tous travaux de classification des milieux humides ou de l'utilisation du sol par télédétection.
- 2) 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.
- 3) On doit classer séparément, au moyen de masques, les milieux humides des milieux secs, en particulier le territoire agricole, car des dangers de confusion importants existent entre des classes de milieux humides et des classes d'agriculture.
- 4) Les images de télédétection ne permettent pas par elles-mêmes d'arriver à identifier les espèces dominantes et co-dominantes mais elles permettent d'identifier des classes physiologiques auxquelles la consultation de documents de référence et la tenue de travaux de terrain permettent d'associer des groupes d'espèces particulières.
- 5) L'information sur l'ouverture des marais est difficilement intégrable à la classification de ceux-ci car il serait nécessaire pour ce faire de superposer deux niveaux d'information. Par contre, elle pourrait faire l'objet d'un document complémentaire obtenu très facilement par seillage d'une bande spectrale infrarouge.



6.0 PERSONNEL

La réalisation de cette étude a nécessité le travail conjoint de spécialistes en télédétection et en végétation. En plus de Clément Dubé qui a assuré la charge de projet, Pierre Lafrance a participé aux deux (2) phases de l'étude, 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, Martin Jean a agi à titre de conseiller pour l'analyse de la végétation propre au site de Dundee.

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.
- COUILLARD, L. et P. GRONDIN, 1986. *La végétation des milieux humides du Québec*. ministère de l'Environnement du Québec et les Publications du Québec, 400 p.
- 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.
- GRATTON, L. et C. DUBREUIL, 1990. *Portrait de la végétation et de la flore du Saint-Laurent*. Direction de la conservation et du patrimoine écologique, ministère de l'Environnement, Québec, 56 p.
- 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.

TOMLINS, G. F., 1986. *Assessment of Landsat 5 Thematic Mapper data for mapping and monitoring wetlands and neighbouring land-cover/landuse*. Report prepared for Canadian Wildlife Service by British Columbia Research, Physical Technology Division, Vancouver, 243 p.

