

082-1618

SC0410
Publ.

Cartographie de l'utilisation riveraine des sols de Cornwall à Tadoussac par télédétection

Rapport final

**Environnement Canada
Centre Saint-Laurent**

Mai 1991

PHOTOSUR GÉOMAT INC

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	1
2. PROBLÉMATIQUE ET ZONE D'ÉTUDE	2
3. OBJECTIF DE L'ÉTUDE	3
4. IMAGES TRAITÉES	4
5. ÉTAPES DE TRAITEMENT DES IMAGES	5
5.1 Préparation des images	5
5.2 Délimitation de la zone d'étude	6
5.3 Rehaussement préliminaire	6
5.4 Compression des images	10
5.5 Classification dirigée	11
5.6 Établissement des statistiques	12
5.7 Transfert des images thématiques	12
6. RÉSULTATS OBTENUS	13
6.1 Description des classes d'utilisation du sol	13
6.2 Présentation des statistiques produites	21
6.3 Impression des images sur film haute résolution ..	23
7. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	24

1. INTRODUCTION

Le présent document constitue le rapport final présenté au Centre Saint-Laurent (CSL) d'Environnement Canada, dans le cadre de l'étude portant sur la cartographie de l'utilisation riveraine des sols, de Cornwall à Tadoussac, au moyen de la télédétection.

Outre l'établissement de la problématique de l'étude, la description des données utilisées et des étapes de traitement réalisées, le présent rapport comprend une description des classes d'utilisation riveraine des sols qui ont pu être identifiées à partir des images satellitaires. Une brève conclusion couplée à un certain nombre de recommandations portant sur les avantages et les limites de la télédétection dans ce domaine, complètent le rapport final.

(*) voir figure

2. PROBLÉMATIQUE ET ZONE D'ÉTUDE

La connaissance de l'occupation riveraine des terres le long du fleuve Saint-Laurent constitue une information de base utile aux différents spécialistes du Centre Saint-Laurent, en particulier, les terres humides riveraines dont leur dynamique d'évolution peut s'avérer être un indicateur de changement des conditions environnementales globales du fleuve.

Étant donné les difficultés d'obtenir une cartographie spécifique, récente et homogène des classes d'intérêt pour l'ensemble de la zone d'étude qui s'étend de Cornwall en amont jusqu'au fjord du Saguenay à la hauteur de Tadoussac, le CSL fait appel au contenu des images de télédétection et aux techniques numérique d'extraction de l'information pour obtenir une cartographie de l'utilisation du sol sur une bande de terrain d'environ 10 km de part et d'autre de la rive du fleuve.

La cartographie de l'utilisation riveraine^e des sols au moyen de la télédétection représente une assise solide pour effectuer une évaluation globale en terme de superficies et de représentation relative pour chacune des classes qui sont identifiées dans ce vaste corridor de 10 km de largeur. L'ensemble de ces données, publiées dans les feuillets d'information du CSL, fourniront à la population, un aperçu global de l'occupation des rives tout en constituant la base idéale pour effectuer un suivi environnemental adéquat à ce niveau.

3. OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Le but premier de ce mandat a été de réaliser une cartographie de l'occupation des terres le long des rives du Saint-Laurent incluant aussi les îles, à partir de la classification supervisée des images Landsat-TM géocodées acquises en 1989.

Les objectifs sous-jacents étaient:

1. L'établissement d'une méthode efficace d'extraction de l'information souhaitée;
2. La détermination des superficies et l'occupation relative de chaque classe obtenue;
3. La production de documents visuels de qualité à des fins de reproduction et éventuellement de publication;
4. La réalisation d'un rapport descriptif de la méthodologie utilisée;
5. La mise sur pied d'une base de données numérique relative à l'occupation riveraine des terres;
6. Le développement d'une expertise et la mise en place d'outils et de méthodes applicables à d'autres secteurs et utile dans une perspective de suivi environnemental.

4. IMAGES TRAITÉES

Les données de base consistent en des images satellitaires numériques de type Landsat-TM géocodées de précision, sur ruban magnétique de 6250 BPI. Les bandes TM3, TM4 et TM5 correspondant respectivement aux secteurs visible, proche et moyen infrarouge du spectre électromagnétique, ont été traitées.

Le tableau 1 donne la liste des images utilisées. Chaque image géocodée couvre 4 feuillets cartographiques à l'échelle de 1:50 000 et est identifiée par le numéro du feuillet supérieur gauche. Les dates d'acquisition des images sont aussi données.

La zone d'étude s'étendant sur deux zones cartographiques UTM: 18 et 19, on a regroupé les données en conséquence.

Tableau 1: Liste des images Landsat-TM utilisées.

IMAGE GÉOCODÉ	DATE D'ACQUISITION	ZONE UTM
31 G 7	09-08-89	18
31 G 9	09-08-89	18
31 H 13	17-07-89	18
31 I 5	17-07-89	18
31 I 7	17-07-89	18
31 I 15	17-07-89	18
21 L 13	27-08-89	19
21 L 15	27-08-89	19
21 M 6	27-08-89	19
21 M 8	27-08-89	19
21 M 15	27-08-89	19
21 N 13	27-08-89	19
22 C 4	27-08-89	19

5. ÉTAPES DE TRAITEMENT DES IMAGES

Le présent chapitre décrit la méthodologie de traitement des images qui a été suivie dans le but de mettre en évidence les thèmes d'intérêt à partir des images satellitaires.

5.1 PRÉPARATION DES IMAGES

La première étape dans le traitement numérique des images a été de préparer les données de façon à ce que toute la zone d'étude soit couverte entièrement par un seul jeu de données et que les caractéristiques radiométriques des images soient le plus homogène possible.

En effet, les images géocodées fournies par le CSL dans le cadre de ce projet, ont été acquises à trois différentes dates et se chevauchent à plusieurs endroits selon le cadrage cartographique utilisé. Les travaux qui ont été réalisés ont consisté à créer des mosaïques d'images pour chacune des deux zones UTM et à normaliser de façon relative les niveaux de gris des images acquises à deux dates différentes à l'intérieur d'une mosaïque.

La mosaïque de la partie sud-ouest du fleuve Saint-Laurent couvre tout le territoire correspondant aux feuillets 31 G, H et I. Les images de la partie située à l'extrême sud-ouest de la zone d'étude dont la date d'acquisition est le 9 août 1989, ont été corrigées radiométriquement en fonction des données acquises le 17 juillet 1989. La méthode consiste à établir la relation mathématique linéaire qui existe entre les valeurs numériques des images dans un secteur où il y a chevauchement et à appliquer le modèle de correction.

La seconde mosaïque couvrant la partie nord-est du fleuve, est constituée des images géocodées correspondant aux feuillets 21 L, M et N ainsi que des feuillets 22 C. Elles ont toutes été acquises le 27 août 1989 et n'ont donc pas été corrigées radiométriquement.

5.2 DÉLIMITATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Tel que spécifié dans les termes de référence, on a défini les frontières d'une bande de terrain d'environ 10 km de part et d'autre de la rive du fleuve, à partir de la position des lignes de rivage tracées sur les cartes produites par le service hydrographique du Canada.

La délimitation comme telle de la zone d'étude s'est faite en générant un masque graphique à partir des limites tracées précédemment. Ce masque, une fois appliqué sur l'image, découpe les données de façon à ne conserver que la zone d'intérêt.

Cette opération est importante dans le processus d'établissement des statistiques d'occupation du sol puisqu'elle établit la superficie totale du territoire analysé. La zone d'étude occupe une superficie totale de 2 135 270 km² dont 490 770 km² représente la surface des eaux du fleuve Saint-Laurent.

5.3 REHAUSSEMENT PRÉLIMINAIRE

Le rehaussement préliminaire a consisté en une accentuation par décorrélation des canaux initiaux, basée sur les statistiques d'un échantillon de pixels représentatifs des thèmes visés. Les trois bandes générées en bout de ligne sont indépendantes les unes des autres et permettent un affichage en rouge, vert et bleu beaucoup plus riche en

teinte et en nuance, facilitant d'autant l'identification des thèmes d'intérêt.

Cette méthode se divise en trois étapes majeures: L'établissement des statistiques, le calcul des vecteurs et valeurs propres et le calcul des axes décorrélés

C'est à l'aide d'une fonction permettant de délimiter des sites d'entraînement que l'on a sélectionné un échantillon de pixels représentatifs des classes visées. Le secteur échantillon a englobé des pixels marginaux marquant le passage d'une unité à une autre.

La moyenne, l'écart-type ainsi que les matrices de co-variance et de corrélation sont générés à partir de l'analyse statistique des valeurs des pixels des sites échantillons à travers les trois bandes spectrales. Le tableau 2 montre les résultats statistiques obtenus pour les images traitées.

La méthode de décorrélation des bandes étant issue de l'analyse en composante principale, on a procédé ensuite au calcul des vecteurs et valeurs propres associés à chacune des bandes d'entrée. Les valeurs et vecteurs propres correspondent respectivement aux variances et à l'orientation des axes principaux de décorrélation.

Les coefficients des vecteurs propres sont regroupés pour former la matrice de rotation tandis qu'on a recours à la matrice d'étirement des composantes principales pour répartir également la variance totale des bandes spectrales.

Tableau 2a : Paramètres statistiques de la décorrelation

MOSAIQUE UTM 18

BANDE	MOYENNE	ÉCART-TYPE
5	99.94	19.90
4	90.56	19.72
3	41.49	13.33

MATRICE DE COVARIANCES

	5	4	3
5	396.1	-136.5	213.8
4	-136.5	389.0	-149.9
3	213.8	-149.9	177.8

MATRICE DES VECTEURS PROPRES

VALEURS PROPRES

	1	2	3			
1	-0.6649	0.6018	-0.4424	1	666.286	69.20%
2	0.5810	0.7889	0.2000	2	261.238	27.14%
3	-0.4694	0.1241	0.8742	3	35.331	3.67%

MATRICE D'ÉTIREMENT DES COMPOSANTES

	1	2	3
1	1.743340	0.00	0.00
2	0.00	2.783919	0.00
3	0.00	0.00	7.570727

MATRICE DE DÉCORRELATION

VECTEURS DE DÉCORELLATION

	1	2	3			
1	3.370000	0.137420	-2.270346	1	-157.9022	
2	0.137420	2.480578	0.796441	2	-173.4195	
3	-2.270346	0.796441	6.238303	3	-6.0546	

Tableau 2b : Paramètres statistiques de la décorrelation

MOSAIQUE UTM 19

BANDE	MOYENNE	ÉCART-TYPE
5	100.28	15.18
4	94.42	15.97
3	33.42	9.40

MATRICE DE COVARIANCES

	5	4	3
5	230.4	-66.7	162.4
4	-66.7	255.2	-83.7
3	102.4	-83.7	88.3

MATRICE DES VECTEURS PROPRES

VALEURS PROPRES

	1	2	3			
1	-0.6206	0.6870	-0.3780	1	370.966	64.64%
2	0.6618	0.7174	0.2175	2	181.418	31.61%
3	-0.4207	0.1152	0.8999	3	25.081	4.37%

MATRICE D'ÉTIREMENT DES COMPOSANTES

	1	2	3
1	2.440418	0.00	0.00
2	0.00	3.523418	0.00
3	0.00	0.00	9.391783

MATRICE DE DÉCORRELATION

VECTEURS DE DÉCORELLATION

	1	2	3			
1	4.145335	0.177185	-2.475966	1	-251.6775	
2	0.177185	3.089813	0.889664	2	-241.2408	
3	-2.475966	0.889664	8.121031	3	-9.1177	

La création des axes décorrélés basée initialement sur la transformation inverse de composantes principales s'est vu simplifiée en utilisant directement les statistiques des échantillons de l'image avec les valeurs et vecteurs propres associés.

On a jugé à propos de définir à priori la valeur moyenne de chacune des trois matrices à la sortie, qui a été fixée à 98. De même on a introduit dans le calcul des axes décorrélés, la possibilité de fixer à volonté la valeur d'écart-type désirée. Une valeur d'écart-type de 45 a été utilisée pour produire les images décorrélées.

Les trois matrices images résultantes sont après coup combinées en rouge, vert et bleu, pour former un composé couleur beaucoup plus riche, en terme de teintes et de nuances que le composé standard formé des bandes simplement rehaussées par étirement de l'histogramme.

5.4 COMPRESSION DES IMAGES

La méthode que nous proposons est basée sur le trie du cube de couleur dans le but d'assigner une couleur aux éléments de l'image les plus significatifs. Issue des développements récents dans le domaine de la compression des images en couleur, la méthode que nous avons utilisée a été mise au point par Photosur Géomat.

Elle consiste à diviser l'espace couleur de façon à déterminer un nombre donné de groupements de pixels significatifs et similaires en nombre. Cette opération s'effectue à l'aide d'une fonction qui fait une analyse multidimensionnelle de l'histogramme des valeurs de l'image. Une couleur correspondant à la combinaison dominante du groupe est assignée à tous les pixels en faisant partie.

L'image résultante est alors composée d'une seule bande où chaque niveau de gris est transformé à l'aide d'une table de couleurs permettant de

simuler visuellement l'image d'origine. L'image compressée est ainsi composée de pixels appartenant à un nombre défini de classes tel que spécifié lors du trie du cube. On réduit ainsi considérablement le nombre de combinaisons possibles de signatures spectrales auxquelles il faut maintenant attacher une étiquette.

La compression des images a été effectuée de façon à grouper les pixels en 128 sous-classes soit une compression de 24 bits à 7 bits.

5.5 CLASSIFICATION DIRIGÉE

L'opération suivante a consisté à identifier à quel thème appartient chacune des 128 sous-classes de l'image et à les combiner de façon à mettre en évidence un thème donné. Pour y arriver, on a procédé d'abord à l'identification des thèmes visés selon la démarche suivante:

Étant donné que l'image compressée est en fait une image à 7 bits ou 128 niveaux de gris, on a procédé à l'analyse de l'image niveau de gris par niveau de gris, à l'aide des données de référence et d'une connaissance générale du terrain, afin de déterminer la classe ou le thème en présence.

Une fois cette opération terminée, il nous a été possible de bâtir une table de correspondance entre les niveaux de gris de l'image compressée et la valeur des différentes classes identifiées. Cette table de conversion, a été appliquée à l'image de façon à créer les fichiers thèmes utilisés pour le calcul des superficies.

Cette méthode a permis d'identifier 13 classes de couverture du sol parmi les thèmes identifiés dans les termes de référence. La description de chacune d'elles est présentée dans la section 6.1 du chapitre 6 portant sur les résultats obtenus.

5.6 CALCUL DES SUPERFICIES

Une fois les images thèmes générées, on a utilisé la fonction "AREA" du système MERIDIAN pour déterminer le nombre de pixels appartenant à chaque classe, la superficie totale en km² ainsi que le % de pixels appartenant à cette classe par rapport au nombre total de pixels de l'image traitée.

Étant donné que la région d'étude chevauche deux zones UTM, il a fallu procéder aux calculs des superficies sur chacune des deux mosaïques séparément et compiler ensuite les résultats dans le tableau synthèse apparaissant à la section 6.2.

5.7 TRANSFERT DES IMAGES THÉMATISÉES

Les deux images numériques représentant pour chacune des mosaïques (UTM18 et UTM19) les classes obtenues ont été copiées sur un ruban magnétique à 6250 BPI, en format .PIX.

6. RÉSULTATS OBTENUS

Le présent chapitre présente les résultats obtenus au niveau de la cartographie de l'utilisation riveraine des sols et des superficies d'occupation de chaque classes identifiées.

On décrit d'abord les classes d'utilisation du sol qui ont pu être discriminer à partir de leur signature spectrale tout en insistant sur la confusion possible entre les éléments identifiés. La seconde section traite des statistiques relatives aux superficies d'occupation de chaque classe. Enfin la dernière section décrit les produits d'impression des images.

6.1 DESCRIPTION DES CLASSES D'UTILISATION DU SOL

Avant d'aborder la description comme telle des classes obtenues de l'interprétation assistée des images de télédétection, il est essentiel de rappeler la problématique qui entoure le concept de classification de l'utilisation du sol.

En effet, il existe une ambivalence marquée entre la nature et la composition d'une portion du territoire et l'utilisation qu'on en fait. Par exemple, un champs composé essentiellement de plantes graminées peut être classé sous pâturage ou culture fouragère, dépendamment de l'utilisation qu'on en fait. Un autre cas est celui des classes d'utilisation du sol en milieu urbain. Une unité classifiée zone urbaine résidentielle est en fait composé d'une mosaïque de surfaces différentes comme des bâtiments des terrains gazonnés des bosquets d'arbres etc.

Étant donné cette double identité, la classification de l'utilisation du

sol résulte d'un processus d'interprétation des éléments qui composent une portion du territoire et du contexte dans lequel réside cette unité. De façon classique, ce processus est assumé par le photo-interprète chargé de dresser la carte de l'utilisation du sol d'une région, à partir de l'analyse visuelle de photographie aérienne.

L'utilisation de la télédétection pour la cartographie des éléments du territoire n'échappe pas à cette problématique et d'une certaine façon, le processus d'extraction automatique des surfaces obtenu à partir du traitement numérique des images, met encore plus en évidence cette ambivalence.

En effet, les principales qualités des données de télédétection spatiale sont qu'elle sont acquises de façon numérique, dans plusieurs bandes spectrales, sur de vaste territoire et sur une base répétitive. Or, on fait appel à cette technologie pour obtenir rapidement des informations à jour sur les territoire d'intérêt. On fait aussi appel au traitement numérique des images par l'entremise des ordinateurs pour accélérer le processus de reconnaissance des éléments semblables au niveau des caractéristiques spectrales.

Il s'avère que les signatures spectrales des éléments du territoire enregistrées sur l'image satellitaire est fonction exclusivement de la nature des surfaces, ce qui ne permet donc pas de produire de façon directe une classification de l'utilisation des sols par télédétection. Par contre, il existe quand même un fort recoupement entre les classes dites de couverture du sols et celles dites d'utilisation du sol. On a tenté dans le cadre de ce mandat d'harmoniser le plus possible les deux systèmes et de signaler au passage les sources de confusion possible.

Le tableau 3 présente les deux niveaux de la classification qui ont été discriminés lors de la réalisation de cette étude. La couleur représentant la classe sur les images classifiées est aussi donnée.

Tableau 3 : Classification de l'utilisation riveraine des sols

CLASSE #	DESCRIPTION	SOUS-CLASSE #	DESCRIPTION	COULEUR
A	Agriculture fourragère	A-1	Prairie	Brun
		A-2	Pâturage	Jaune-vert
B	Agriculture annuelle	B-1	Culture de maïs	Jaune
		B-2	Céréale	Jaune orangé
C	Forêt	C-1	Résineux	Vert foncé
		C-2	Mélangé	Vert
		C-3	Feuillu	Vert pâle
D	Terre en friche	D-1	Friche arbustive	Mauve
		D-2	Friche herbacée	Violet
E	Zone bâtie	E-1	Faible densité	Rouge clair
		E-2	Forte densité	Rouge vif
F	Autre surface	F-1	Herbier	Gris-bleu
		F-2	Eau	Bleu

A) Agriculture fourragère:

Cette classe englobe les champs où l'on pratique la culture intensive ou extensive de foin, de luzerne, de trèfle et de soya de même que les champs ensemencés ou non servant de pâturage. Cette classe englobe les cultures peu importe leur stade de croissance, jeune ou mature.

A-1) Prairie:

Cette classe est associée aux cultures fourragère (foin, luzerne, trèfle et soya). Les champs sont généralement homogènes. Les jeune cultures fourragères apparaissent en vert pâle sur le composé couleur compressé des bandes décorées tandis que les foin mature sont dans les teintes de rouge orangé. Les foins coupés apparaissant dans des teintes rosées sont difficilement séparables des champs de céréale en chaume, des parcs en milieu urbain et des zones de villégiature comme les allées de golf.

A-2) Pâturage:

Cette classe regroupe les champs servant de pâturage naturel ou amélioré. Il se distingue sur le composé couleur par une teinte jaune orangée et surtout une texture particulière. Il y a parfois confusion entre cette classe et les friches herbacées, les terrains vagues en milieu urbain ainsi que le foin mature.

B) Agriculture annuelle:

Cette classe inclut les cultures annuelles de maïs et de céréales. Les champs horticoles en font aussi partie.

B-1) Culture de maïs:

Les champs de maïs sont très homogènes et facilement identifiables sur les composés couleurs par leur teinte verte foncée et leur texture particulière.

B-2) Culture de céréales:

Les cultures de céréales comprennent surtout les cultures d'orge et d'avoine. On a regroupé dans cette classe les cultures de céréales mûres (marron foncé) et les céréales en chaume (rose) ou récoltées. On observe un peu de confusion entre cette classe d'agriculture et des zones de verdure en milieu urbain.

C) Forêt:

Cette catégorie comprend toutes les classes de forêts en terme de composition forestière: forêt à dominance résineuse ou feuillue et forêt mixte.

C-1) Résineux:

Cette classe représente les boisés dominés par les essences résineuses. Cette catégorie apparaît en teinte très foncée sur le composé couleur. Cette classe inclut aussi une partie des milieux humides comme les tourbières, composés en partie de conifères de plantes de sols humides et d'eau libre.

On retrouve aussi de tant à autre des pixels appartenant à cette classe en milieu urbain. Ceci s'explique par le fait qu'en milieu urbain, certains espaces, qui sont dans l'ombre des bâtiments ou des structures urbaines, présentent des caractéristiques spectrales équivalentes aux

conifères.

C-2) Mélangé:

La classe forêt mélangée comprend des zones de forêts mixtes où il n'existe pas vraiment de groupements d'essences majoritaires. Ce sont souvent aussi des zones de transition entre les classes résineux et feuillu.

C-3) Feuillu:

La classe forêt feuillu est composé des boisés où l'on retrouve majoritairement des groupement d'essences feuillues. Des problèmes de confusion entre les classes obtenues existent uniquement lorsque la forêt feuillue est située sur des pentes directement exposées au sud.

La signature spectrale est alors fortement altérée par l'illumination solaire excessive et tend à se confondre avec celle observée pour les champs de foin en croissance, apparaissant en vert très clair sur le composé couleur.

D) Terre en friche:

Cette catégorie représente des zone de transition entre l'agriculture et la forêt. On a pu identifier deux classes associées à deux stades d'évolution: les friches herbacées et les friches arbustives. Ce type de milieu est complexe et peu homogène au niveau de sa composition (herbes, plantes et arbustes de toutes sortes).

D-1) Friche arbustive:

Cette classe représente des zones où, suite à l'abandon d'anciennes terres agricoles, le couvert d'abord herbacé et ensuite arbustif s'est développé. Les teintes brunâtres fortement texturées en sont les principales caractéristiques sur le composé couleur. Une confusion existe avec des secteurs de reboisement où l'on retrouve à peu près les mêmes composantes.

D-2) Friche herbacée:

Les zones de friches herbacées sont identifiables sur les composés couleurs par une mosaïque de teintes rougeâtres et rouille. Étant donné qu'elles sont composées essentiellement de plantes herbacées et qu'elles s'apparentent ainsi fortement aux pâturages et aux champs de foin mature, on a observé de façon systématique, un certain niveau de confusion entre ces classes.

E) Zone Bâtie:

La catégorie zone bâtie englobe plusieurs éléments du paysage urbain et agricole. Il s'agit entre autre des zones urbaines, des villages, du réseau routier, des sols nus agricoles et des terrains ne portant aucune végétation comme les carrières, les sablières ou les plages naturelles. On a distingué deux classes de zone bâtie selon un critère de densité (forte et faible) perceptible au niveau de la signature spectrale.

E-1) Densité faible:

Il s'agit essentiellement de terrains partiellement dénudés ou composés de plusieurs types de petites surfaces dénudées, végétales et autres comme les milieux urbains de type résidentiel. On observe aussi une confusion marquée entre ce type de milieu et la classe représentant les

herbiers. Ceci est dû à la présence de nombreux pixels mixtes en milieu urbain dont les caractéristiques spectrales convergent par rapport aux signatures spectrales des herbiers. Cette classe apparaît en bleu très foncé sur le composé couleur.

E-2) Densité forte:

Cette classe inclut les zones fortement urbanisées ainsi que les terrains complètement dénudés comme les sols nus agricoles, les routes etc. Il n'existe aucune confusion avec les autres classes en dehors du fait que cette classe est très englobante et représente plusieurs types de milieux. Cette classe apparaît en bleu sur le composé couleur.

F) Autre surface:

Cette catégorie comprend les autres éléments du paysage en particulier les herbiers et les surfaces d'eau.

F-1) Herbier

Cette classe est difficile à identifier spectralement puisqu'il existe une part de confusion importante avec la classe zone bâtie de densité faible. Cependant, de par sa position dans le paysage, il serait possible d'isoler systématiquement ce thème.

F-2) Eau

Cette classe est la plus facile à discriminer étant donné l'étendue des surfaces d'eau et son homogénéité relative au niveau de la signature spectrale.

6.2 PRÉSENTATION DES STATISTIQUE PRODUITES

Le tableau 4 constitue le tableau synthèse des superficies calculées à partir de l'occupation de chaque classe d'utilisation du sol extraite des images obtenues par télédétection.

Figure 4: TABLEAU SYNTHÈSE DES SUPERFICIES

CLASSE	DESCRIPTION	SUPERFICIE	
		ha	%
A	ZONE AGRICOLE FOURAGÈRE	291 636	17,7
A-1	Prairie (foin jeune et mature)	170 239	10,3
A-2	Pâturage (inclut aussi parc et golf)	121 397	7,4
B	ZONE AGRICOLE ANNUELLE	216 495	13,2
B-1	Culture de maïs	81 264	4,9
B-2	Culture de céréale (mature, récoltée et chaume)	135 231	8,3
C	FORÊT	645 380	39,3
C-1	Résineux (dominance résineuse et zone humide)	255 043	15,5
C-2	Mélangé	229 427	14,0
C-3	Feuillu (dominance feuillue, inclut aussi A-1)	160 911	9,8
D	TERRE EN FRICHE	184 459	11,2
D-1	Friche arbustive (inclut aussi reboisement)	58 098	3,5
D-2	Friche herbacée (peut inclure A-1 et A-2)	126 361	7,7
E	ZONE BÂTIE	265 490	16,1
E-1	Densité faible (résidentiel, sols dénudés)	89 559	5,4
E-2	Densité forte (inclut fortement urbanisé, route et sol nu)	175 931	10,7
F	AUTRE SURFACE	41 038	2,5
F-1	Herbier	41 038	2,5
F-2	Eau (*)	490 770	

(*) Les % d'occupation ont été calculés sur la bande de terrain de 10 km de chaque côté du fleuve, soit 1 644 500 km², excluant la superficie occupée par l'eau.

6.3 IMPRESSION DES IMAGES SUR FILM À HAUTE RÉOLUTION

Les images thèmes montrant les classes d'occupation des terres riveraines sont imprimées sur film à haute résolution à l'aide du procédé "FIRE" disponible au Centre Canadien de télédétection.

Ces images sont imprimées sur support film négatif de 23 X 23 cm, à une résolution de 25 microns par pixel. Étant donné les nouvelles capacités du système FIRE d'imprimer des matrices images plus grandes avec une résolution plus fine, nous avons pu faire imprimer chacune des deux mosaïques UTM18 et UTM19 en deux parties. Au total quatre films ont été produits dont un contient la légende des couleurs associées à chacune des classes cartographiées.

La légende qui accompagne les thèmes cartographiés est donnée dans le tableau 3 sous les colonnes sous-classes et couleur.

7. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La réalisation de ce projet nous permet de tirer un certain nombre de conclusions sur les résultats obtenus et de proposer des recommandations pour la poursuite d'une telle activité dans le futur.

Au niveau des conclusions, les images de télédétection utilisées, soit les données numériques de type Landsat-TM, bandes 3, 4 et 5, montrent leur utilité pour identifier et cartographier l'utilisation du sol sur de vastes territoires.

De plus, l'information spectrale contenue dans les images a permis de distinguer la plupart des thèmes d'intérêt qui forment 13 classes regroupées en 6 catégories.

La télédétection spatiale montre aussi son utilité à répondre aux problèmes courants reliés à la production, à faible coût, d'informations à jour sur l'ensemble du territoire. A ce niveau nous estimons, à titre d'information seulement, que le même travail effectué à partir de l'interprétation au stéréoscope de photos aériennes à 1:40 000 (échelle comparable à l'image à 25 mètres de résolution), nécessiterait environ 10 000 heures de travail pour couvrir la même superficie.

Cette estimation est basée sur un temps moyen d'environ trente minutes pour interpréter le contenu d'une photo en fonction des thèmes d'intérêt. On estime aussi à environ 20 000, le nombre de photos requises pour couvrir le territoire d'étude de 1 644 000 km². Basé sur un coût moyen de 25\$ de l'heure pour un photo-interprète, il en coûterait approximativement 250 000\$ pour effectuer ce travail.

À la lumière de cette évaluation et si on accepte de payer une somme marginale pour effectuer le raffinements des résultats tel que proposé ci-après (recommandation No 2), la méthode par télédétection en dépit de ses limites, coûte au moins 10 fois moins cher que la méthode

conventionnelle par photo-interprétation.

D'autre part, la méthode utilisée, basée sur la classification dirigée des bandes spectrales décorellées, s'est avérée efficace pour identifier les classes d'intérêt sauf celles associées aux milieux urbains et humides, où il persiste une part importante de confusion.

La classification dirigée tel que proposé dans le devis technique constitue à ce niveau, une limite importante pour identifier de façon automatique des surfaces complexes comme c'est le cas en milieu urbain et dans les zones humides. En effet, cette méthode conduisant à associer à chaque pixel une classe donnée, empêche l'identification d'unités composées d'une mosaïque de pixels formant une texture particulière ou composées de pixels mixtes, représentant plus d'un élément du paysage à la fois.

L'utilisation d'une méthode complémentaire axée sur l'interprétation assistée des images décorellées déjà produites, permettrait d'extraire de façon plus précise les classes reliées aux milieux humides et urbains.

Compte-tenu de ces conclusions, nous recommandons les actions suivantes:

- 1) La poursuite de cette activité sur une base régulière (annuelle) afin d'effectuer un suivi environnemental adéquat de l'utilisation riveraine des sols.
- 2) La poursuite du projet actuel en utilisant une méthode d'interprétation assistée des images produites dans le but de préciser les classes qui présentent un grand intérêt pour le CSL comme les milieux humides.

Il s'agirait dans un premier temps d'isoler les erreurs grossières et de modifier certaines zones bien circonscrites mais mal classifiées de façon automatique, vue la convergence des caractéristiques spectrales en

présence. Dans un deuxième temps, il serait possible de raffiner les résultats en analysant systématiquement les résultats, région par région.

3) L'impression des composés couleurs décorellés sur film à haute résolution pour fin d'interprétation complémentaire ainsi que le transfert de ces images numériques sur support informatique.

