

Université de Montréal

Analyse de l'influence des changements de propriétaires sur les changements d'utilisation du sol et la structure du paysage dans une municipalité agricole du sud du Québec à l'aide d'un système d'information géographique orienté-objet.

par

Geneviève Lapointe

Département de géographie

Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Maître ès sciences (M.Sc.)
en géographie

Juin 2004

© Geneviève Lapointe, 2004



G

59

054

2005

v.002

Direction des bibliothèques

AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

Analyse de l'influence des propriétaires sur l'utilisation du sol et la structure du paysage dans une municipalité agricole du sud du Québec à l'aide d'un système d'information géographique orienté-objet.

présenté par
Geneviève Lapointe

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Christopher Bryant: président du jury (Université de Montréal)

Danielle J. Marceau : directrice de recherche (Université de Montréal)

Gérald Domon : codirecteur de recherche (Université de Montréal)

Marius Thériault: membre du jury (Université Laval)

Mémoire accepté le

26/10/04



Sommaire

Cette étude analyse la relation entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol ainsi que leur influence sur la structure du paysage dans une municipalité agro-forestière du sud du Québec, celle de Godmanchester dans le Haut St-Laurent, pour la période s'étalant de 1958 à 1992. De nombreuses études ont été réalisées sur la dynamique du milieu rural québécois (Jean, 1997; Dugas, 2000; Vachon, 1991) et sur l'influence de certaines variables naturelles et anthropiques sur l'utilisation du sol et la structure du paysage (Pan et al., 2001; Fukamachi et al., 2001; Nagashima et al., 2001; Reid et al., 2001; Olsson et al., 2000). Par contre, à notre connaissance, aucune étude n'a tenté d'étudier de manière détaillée le degré d'influence des changements de propriétaires sur l'utilisation du sol et la structure du paysage. Dans le but d'analyser la problématique thématique, ce projet a aussi pour objectif de tester le potentiel d'un système d'information géographique orienté-objet pour intégrer plus efficacement la dimension temporelle requise pour l'étude de l'évolution d'un territoire.

Des données sur l'utilisation du sol, les propriétaires, le cadastre ainsi que les dépôts géomorphologiques ont été recueillies pour peupler un modèle de données orienté-objet à l'intérieur du logiciel Smallworld GIS. Ensuite, des opérateurs temporels ont été ajoutés aux outils de requêtes fournis par Smallworld GIS pour enrichir leurs capacités spatio-temporelles. Des requêtes adressées à la base de données et des analyses statistiques ont permis de vérifier la relation entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol. De plus, la conception d'une grille d'interprétation a permis d'analyser les processus spatiaux qui ont forgé le paysage. Les résultats démontrent que les changements d'utilisation du sol ne sont pas statistiquement significativement reliés aux changements de propriétaires. Par contre, les nouveaux propriétaires influencent différemment l'utilisation du sol que les propriétaires déjà établis. De plus, nous concluons que l'utilisation d'un modèle orienté-objet a été avantageuse dans ce type d'étude.

Mots clés : Milieu rural, changement d'utilisation du sol, changement de propriétaire, système d'information géographique, Smallworld GIS.

Abstract

This study aimed to analyse the relationship between the land-owner and the land-use changes as well as their influence on the landscape structure in a rural municipality of Southern Québec from 1958 to 1992. Numerous studies have sought to understand the underlying physical and anthropogenic factors that affect the rural land-use changes and the landscape structure (Jean, 1997; Dugas, 2000; Vachon, 1991; Pan et al, 2001; Fukamachi et al., 2001; Nagashima et al., 2001; Reid et al., 2001; Olsson et al., 2000). However, to our knowledge, none of those studies have attempted to quantify the influence of the changes of land-owner on the land-use and on the landscape structure. Moreover, this study aims at testing the potential of an object-oriented geographical information system (GIS) to handle more effectively the temporal dimension, which is needed to study the evolution of an area.

Data on land-owner, land-use, cadastre and geomorphologic deposits have been collected to populate the object-oriented data model built in Smallworld GIS. Additionally, temporal operators have been added to the query tools provided by Smallworld GIS in order to heighten their spatio-temporal capabilities. Queries applied to the database and statistical analyses have made it possible to verify the possible relation between the land-owner and land-use changes. The design of an analysis chart allowed the characterization of the spatial processes responsible for the landscape structure evolution. The results showed that the relationships between the changes of the land-owner and the land-use changes was not statistically significant. Nevertheless, the influence of new comers is different from the long-established land-owners. Finally, we conclude that the use of an object-oriented data model is advantageous for that kind of study.

Key words: Rural landscape, land-use change, land-owner change, object oriented geographical information system, Smallworld GIS.

Table des matières

Sommaire.....	iii
Abstract.....	iv
Remerciements.....	viii
1 Introduction.....	1
2 Mise en contexte et objectifs.....	6
2.1 Description du schéma conceptuel.....	6
2.1.1 Description des niveaux de la hiérarchie dans la nature.....	8
2.1.2 Description des niveaux de la hiérarchie anthropique.....	9
2.1.3 Description du niveau <i>Propriétaire</i>	12
2.2 Les grands évènements qui ont forgé le milieu rural au Québec...	16
2.3 L'utilisation d'un SIG orienté-objet pour modéliser une dynamique de changements d'utilisation du sol.....	19
2.3.1 L'approche orientée-objet.....	20
2.3.2 Intégration de la dimension temporelle dans un SIG orienté- objet	23
2.4 Objectifs et questions de recherche.....	28
3 Méthodologie.....	30
3.1 Description de la région d'étude.....	30
3.2 Collecte des données.....	35
3.3 Développement d'un modèle orienté-objet.....	38
3.3.1 Design d'un modèle de données orientée-objet.....	38
3.3.2 Estampillage temporel.....	41
3.3.3 Création d'une base de données spatio-temporelle.....	42
3.4 Méthodes d'analyse des données.....	42
3.4.1 Intégration d'opérateurs temporels.....	43
3.4.2 Analyse des processus spatiaux.....	44
4 Résultats et interprétation.....	47
4.1 Quelle est la dynamique des changements d'utilisation du sol? ...	48
4.2 Quels sont les processus qui ont forgé la structure du paysage? ..	55
4.3 Quelle est la dynamique des changements de propriétaires?	59
4.4 Est-ce qu'un changement de propriétaire entraîne un changement d'utilisation du sol?	70
4.5 Quelle est l'influence des dépôts de surface sur la dynamique globale observée sur le territoire à l'étude?	79
4.6 Synthèse des résultats.....	85
4.6.1 Interprétation des résultats.....	85
4.6.2 Analyse critique de l'utilisation d'un SIG orienté-objet.....	89
5 Conclusion.....	94
Références.....	96

Liste des figures

Figure 1: Schéma conceptuel.....	7
Figure 2: Opérateurs ordinaux en a) et opérateurs de position en b)	26
Figure 3: Localisation de la région d'étude	31
Figure 4: Schéma méthodologique.....	34
Figure 5: Lien entre le cadastre et les données sur les propriétaires	36
Figure 6: Divisions spatiales du cadastre	37
Figure 7: Modèle de données orienté-objet.....	39
Figure 8: Estampillage temporel des polygones d'utilisations du sol à partir d'une carte espace-temps composé.....	42
Figure 9: Mesures des processus spatiaux de structuration du paysage (adapté de Forman, 1995).....	45
Figure 10 : Utilisation du sol de Godmanchester entre 1958 et 1992	50
Figure 11: Proportions d'utilisation du sol (1958 - 1992)	51
Figure 12: Fréquence des séquences de changements d'utilisation du sol (sans les parcelles stables).	52
Figure 13: Mesures de quatre attributs spatiaux : la surface moyenne, le nombre de parcelles, la longueur totale des frontières et la connectivité entre les parcelles	56
Figure 14: Processus spatiaux qui ont déterminé la structure du paysage entre 1958 et 1992	57
Figure 15 : Changements de propriétaire en relation avec la limite des propriétés	62
Figure 16: Fragmentation des propriétés (1958 - 1965)	65
Figure 17: Évolution du nombre de propriétaires et du nombre de propriétés entre 1958 et 1992	67
Figure 18: Tendances quantitatives des propriétés.....	69
Figure 19: Relation entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol (1958 - 1965)	72
Figure 20: Relation entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol (1965 - 1973)	73
Figure 21: Relation entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol (1973 - 1983)	74
Figure 22: Relation entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol (1983 - 1992)	75
Figure 23: Répartition de l'utilisation du sol selon le type de changement .	76
Figure 24: Carte des dépôts de surface	80
Figure 25: Proportion des dépôts de surface.....	81
Figure 26: Influence des dépôts de surface sur l'utilisation du sol de type 'Champ'	81
Figure 27: Influence des dépôts de surface sur l'utilisation du sol de type 'Forêt'	82
Figure 28: Relation entre les dépôts de surface et les changements d'utilisation du sol suivant un changement de propriétaire	84

Liste des tableaux

Tableau 1: Typologie des méthodes d'intégration du temps à l'intérieur des SIG orienté-objets	24
Tableau 2: Requêtes spatio-temporelles appliquées à la base de données	43
Tableau 3: Tableau de contingence sur les changements d'utilisation du sol et les changements de propriétaire	71
Tableau 4: Test du Chi-carré pour la période de 1958 à 1992	71

Remerciements

Je tiens premièrement à remercier Danielle Marceau pour avoir dirigé l'ensemble de ce travail avec rigueur et patience, ainsi que Gérald Domon pour avoir co-dirigé ce projet. Merci Danielle pour m'avoir fait confiance et encouragée tout au long de ces années. J'ajoute une pensée particulière pour Erik Provost avec qui j'ai eu un grand plaisir à travailler.

De plus, je tiens à remercier les membres du jury, Christopher Bryant et Marius Thériault, ainsi que les membres du groupe de Recherche du Haut-Saint-Laurent.

Un grand merci à mes collègues et amis du Département de géographie, particulièrement à mes confrères et consœurs du labo et bien entendu à la gang d'hydro!

Un gros merci à ceux et celles qui m'ont offert leur aide au cours de la réalisation de ce mémoire (et il n'y pas d'ordre!) : Sandrine, Eva, David, Sylvie, André Ménard, Sonya, Jean-Yves, Hélène Côté, mon père et ma mère, Yann, Anne, Elisabeth. Votre aide a été très appréciée.

Remerciements en vrac : LA machine à Pepsi, le Ye Old Orchard!, Brassens, mon vélo, Delta Airlines, la tarte aux pommes alsacienne, ...

Je remercie enfin ma famille (mes parents, ma sœur et les matantes!) pour leur soutien et leur aide tout au long de ce projet. Un merci tout spécial à Yann qui a été d'un énorme support lors des moments difficiles au cours de la période de rédaction.

1 Introduction

Les paysages ruraux du Sud du Québec ont connu d'importantes transformations depuis les cinquante dernières années. Ces transformations sont le résultat de changements technologiques (amélioration des transports et des communications), institutionnels (nouvelles législations; programmes et politiques gouvernementaux; etc.) et des valeurs monétaires et non-monétaires (changements dans les préférences des consommateurs). Ces changements ont provoqué une restructuration des territoires ruraux en plus d'un bouleversement des tendances démographiques (Bryant et Johnston, 1992; Beaudry, 1993; Paquette et Domon, 1999; Vachon, 1991; Davies et Yeates, 1991).

Le milieu rural développe aujourd'hui des activités non-agricoles et est fortement sollicité par les urbains (Kayser, 1992; Jean, 1997; Dugas, 2000; Deslauriers *et al.*, 1992; Paquette et Domon, 2000; Tjallingii, 2000). Ainsi, à la suite de près d'un siècle d'exode, certaines régions rurales du Sud du Québec commencent à connaître des mouvements démographiques positifs et ce, particulièrement depuis les années 1970. Les chercheurs qui ont étudié ce phénomène relient cet essor en majeure partie à l'arrivée de résidents d'origine urbaine (Davies et Yeates, 1991). Cette nouvelle tendance a pour effet de diversifier les types de propriétaires des régions rurales à prédominance agricole. Plusieurs études ont démontré que la restructuration des milieux ruraux était reliée à cette diversification des propriétaires (Bunce et Walker, 1992; Baudry, 1993). Ces auteurs soutiennent que les agriculteurs et les nouveaux exurbains possèdent des intérêts différents, voire même divergeants (Ilbery, 1998). Cette polyvalence entraîne une multiplicité des besoins et des activités des habitants de ces milieux (Paquette et Domon, 1999; Ilbery, 1998).

Les propriétaires jouent un rôle majeur dans les processus qui forment les paysages, mais ils ne sont pas les seuls acteurs. La structure d'un paysage rural est le résultat de l'interaction entre les activités anthropiques et les processus écologiques. Ces activités et processus impliquent un nombre important de variables de nature différente. Celles-ci peuvent être classifiées selon une organisation hiérarchique dans laquelle le poids des composantes peut être mesuré dans le temps et dans l'espace. L'influence d'un propriétaire est donc imbriquée à l'intérieur d'un système socio-économique complexe qui est lui-même sous l'influence des variables naturelles comme le climat et la géomorphologie. Ainsi, le pouvoir décisionnel des propriétaires est nuancé, à un certain degré, par le système hiérarchique dans lequel il se trouve impliqué. Aussi, l'influence sur l'utilisation du sol et la structure du paysage serait différente selon la nature du propriétaire (agriculteur ou exurbain).

De nombreuses études ont été réalisées sur la dynamique du milieu rural québécois (Jean, 1997; Dugas, 2000; Vachon, 1991) et sur l'influence de certaines variables naturelles et anthropiques sur l'utilisation du sol et la structure du paysage (Pan et al, 2001; Fukamachi et al., 2001; Nagashima et al., 2001; Reid et al., 2001; Olsson et al., 2000). Par contre, à notre connaissance, aucune étude n'a tenté d'étudier de manière détaillée le degré d'influence des changements de propriétaires sur l'utilisation du sol et la structure du paysage.

Dans le but de situer l'influence du propriétaire à l'intérieur d'un tel système complexe et pour mieux comprendre l'évolution du paysage, un schéma conceptuel a été établi qui présente, de façon hiérarchique, les éléments qui structurent le paysage. Les variables qui le composent ont été identifiées à partir des études citées précédemment. Chacune d'entre elles possède une influence mesurable dans l'espace et dans le temps.

Ce schéma conceptuel est composé de deux blocs. Le premier présente une vue globale des éléments qui jouent un rôle dans la structuration du paysage. L'organisation de ces variables est basée sur les travaux de Forman et Godron (1986) en écologie du paysage et est composée de quatre paliers (zones climatiques, régions bioclimatiques, géomorphologie et influence humaine). Le dernier palier, celui de l'influence humaine, a été détaillé en plusieurs variables et organisé hiérarchiquement pour constituer le deuxième bloc. Il est donc imbriqué dans le premier et contient des variables de nature anthropique. Il est aussi composé de quatre paliers (économie mondiale, politiques fédérales, politiques provinciales et propriétaires). Le propriétaire étant le dernier niveau du système hiérarchique décrivant la structuration du paysage, son influence sur l'utilisation du sol et la structure du paysage est à la fois complexe et subtile.

Dans la présente étude, pour mesurer l'influence du propriétaire sur l'utilisation du sol et la structure du paysage, des données sur les changements d'utilisation du sol et sur les changements de propriétaires ont été utilisées. L'information sur les dépôts de surface a aussi été récoltée car elle correspond à une variable du premier bloc et que sa distribution spatiale sur le territoire est hétérogène. La géomorphologie devient alors un indice de la distribution de l'utilisation du sol (Pan *et al.*, 1999).

Les données à traiter pour ce projet sont donc de type textuel, spatial et temporel. Les systèmes d'information géographique (SIG) permettent de rassembler toutes ces données en une seule base de données géoréférencées et d'y effectuer des analyses. Par contre, bien que les SIG représentent un outil puissant pour gérer les données spatiales, ils demeurent limités en ce qui a trait aux données temporelles. La majorité des SIG commerciaux sont basés sur une approche relationnelle. Ces derniers, de par leur structure, rendent difficile la représentation de processus complexes, impliquant généralement la dimension temporelle.

Or, de nouveaux SIG utilisant une toute autre approche, celle de l'orientée-objet, ont commencé à faire leur apparition sur le marché. Cette nouvelle génération de SIG est très prometteuse pour modéliser la complexité des phénomènes géographiques car elle permet une représentation sémantique supérieure au modèle relationnel.

Bien que les capacités supérieures du modèle orienté-objet pour gérer les phénomènes géographiques soient reconnues par la communauté scientifique (Bian, 2000; Rojas-Vega et Zemp, 1995; Karimi et Lee, 1995), les recherches sur les SIG orientés-objets demeurent jusqu'à maintenant principalement théoriques. De plus, l'insertion de la dimension temporelle dans un SIG correspond à un champ d'étude en pleine expansion. Le développement d'un modèle de données orienté-objet adapté à notre thématique est basé sur des recherches récentes sur l'intégration des dimensions spatiale et temporelle à l'intérieur d'un SIG (Fruhida, 2003; Claramunt et Jiang, 2000; Parent *et al.*, 1997). Ce modèle de données doit permettre de relier des données de différents types (spatiales, temporelles et textuelles) pour plusieurs variables (utilisation du sol, propriétaires et géomorphologie) dans le but d'étudier la dynamique entre ces variables.

La réalisation de ce projet vise deux objectifs, le premier étant de nature thématique et le second de nature méthodologique. Le premier consiste à décrire et à analyser les changements d'utilisation du sol en relation avec les changements de propriétaires au cours des quatre dernières décennies dans un milieu rural du Sud du Québec et de quantifier l'influence de ces changements sur la structure du paysage. Le deuxième vise à tester l'applicabilité d'un modèle de données orientées-objets permettant d'intégrer la dimension temporelle efficacement dans le but de répondre au premier objectif.

Le chapitre suivant intitulé *Mise en contexte et objectifs* est composé de deux sections distinctes. La première décrit les éléments du système hiérarchique qui déterminent l'évolution des paysages agricoles du Sud du Québec. Cette description permet ensuite de définir la dynamique de la diversification des propriétaires. Finalement, le schéma conceptuel est appliqué au milieu rural du Sud du Québec pour en décrire les grands évènements qui l'ont forgé. La deuxième section de ce chapitre porte sur les éléments de la littérature qui ont permis de définir la méthodologie. En premier lieu, l'approche orientée-objet est présentée. Suivent les différentes méthodes existantes pour intégrer le temps à l'intérieur d'un SIG orienté-objet.

Les chapitres suivants présentent la méthodologie développée, les résultats obtenus et la conclusion.

2 Mise en contexte et objectifs

Ce chapitre a pour but de présenter les principaux concepts et les éléments de la littérature reliés à ce projet de recherche. Pour refléter le double objectif du projet, ce chapitre comporte deux grandes sections : une thématique et une méthodologique.

La section thématique décrit l'organisation des variables selon leur degré d'influence sur l'évolution des paysages ruraux du Sud du Québec ainsi que l'implication des propriétaires à l'intérieur de ce système. Elle est divisée en deux sous-sections. La première présente les différents paliers du schéma conceptuel qui a été développé dans le but de décrire l'organisation des variables selon leur degré d'influence sur la structure du paysage. L'emphase de la description est mise sur la variable *Propriétaire*. Dans la deuxième sous-section, les événements qui ont façonné la région d'étude au cours du 20^e siècle sont décrits selon la structure du schéma conceptuel.

La deuxième partie du chapitre présente l'état de la recherche sur l'intégration de la dimension temporelle à l'intérieur des SIG orientés-objets. En premier lieu, l'approche orientée-objet est définie, suivie de la présentation des différentes méthodes existantes pour gérer la dimension temporelle à l'intérieur d'un SIG orienté-objet.

Le chapitre se termine par la présentation des objectifs et des questions de recherche.

2.1 Description du schéma conceptuel

Les paysages ruraux sont des milieux complexes et très dynamiques qui résultent de l'interaction entre des activités anthropiques et des processus écologiques. Les recherches récentes qui sont vouées à la compréhension

des facteurs sous-jacents aux changements d'utilisation du sol et à la structure du paysage ont démontré l'importance de combiner plusieurs attributs (physiques autant qu'humains) lors d'une telle analyse (Reid et al., 2000; Jenerette and Wu, 2001; Steinhardt and Volk, 2002). Malheureusement, la majorité de ces recherches ne tiennent pas compte de l'importance des dimensions spatiale et temporelle de ces différents attributs, tous dépendant de l'échelle. Or, l'organisation du paysage peut être décrite selon une classification hiérarchique dans laquelle ses composantes physiques et humaines se voient attribuer des poids et des priorités d'influence (Forman et Godron, 1986; Turner *et al.*, 2001). Dans un tel système, un niveau est lui-même une composante d'un rang supérieur (O'Neill, 1988).

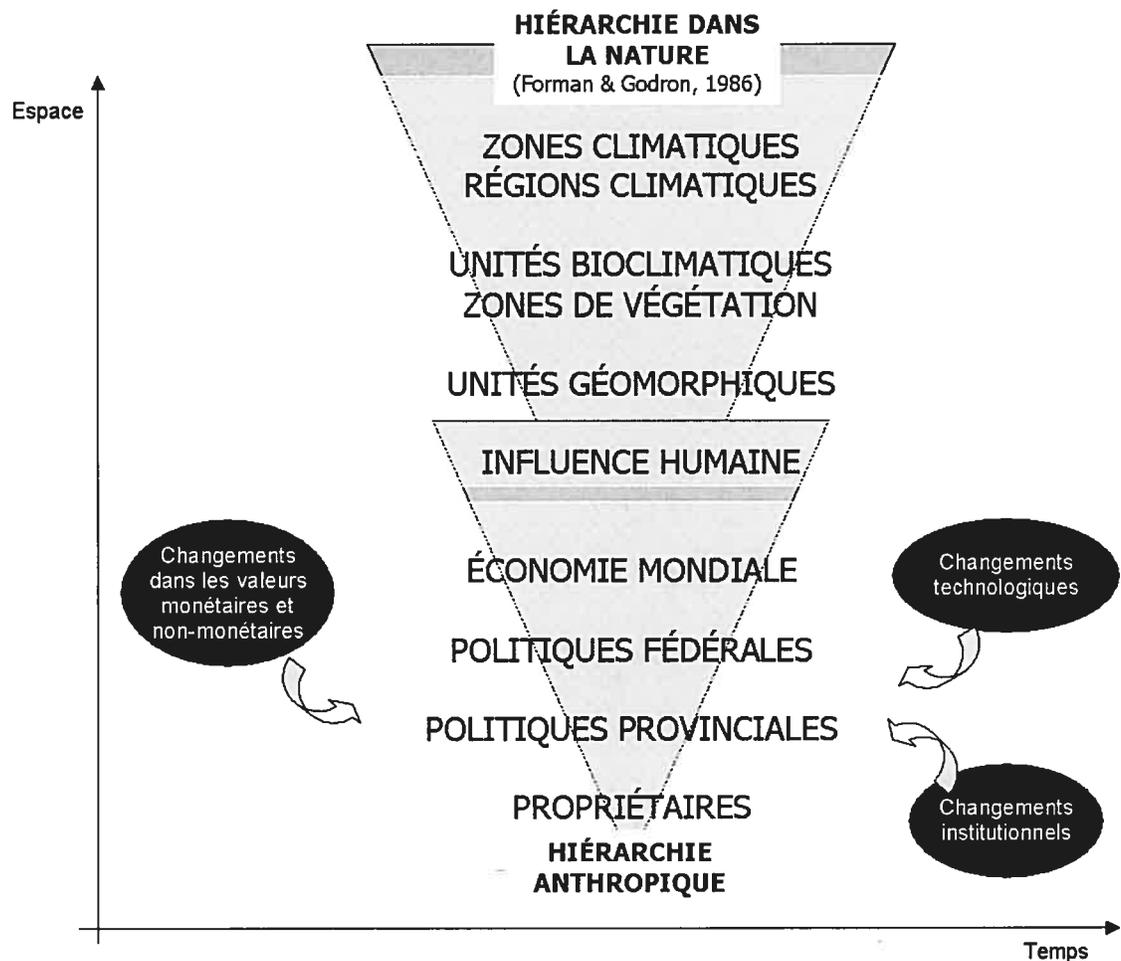


Figure 1: Schéma conceptuel

Il est possible de développer un schéma conceptuel général organisé selon les impacts spatiaux et temporels des attributs physiques et humains (Figure 1). Ce schéma est une extension de la classification hiérarchique des variables structurantes du paysage établie par Forman et Godron (1986). Le premier bloc correspond aux composantes naturelles et le deuxième, à celles reliées aux activités anthropiques.

2.1.1 Description des niveaux de la hiérarchie dans la nature

Quatre grandes catégories de facteurs répartis sur autant de niveaux permettent d'expliquer globalement la structuration du paysage : zones climatiques, régions bioclimatiques, géomorphologie et influence humaine. Une zone climatique englobe l'ensemble des paysages et reliefs à l'intérieur d'un continent. Ces zones sont principalement corrélées avec la latitude. Elles sont fragmentées en unités bioclimatiques correspondant grossièrement à la distribution des climats, des animaux et des plantes. Une zone de végétation correspond à une communauté végétale distincte à l'intérieur d'une unité bioclimatique. Par contre, une zone végétale en tant que paysage peut être hétérogène (Forman et Godron, 1986). Effectivement, la délimitation de la zone est basée sur son étendue à l'état naturel. Les activités anthropiques peuvent avoir modifié les structures végétales ce qui ne transforme pas pour autant les limites naturelles de la zone de végétation (Vink, 1983). Par exemple, les systèmes d'irrigation implantés dans les régions désertiques permettent la culture d'espèces en dehors de leurs limites bioclimatiques. De plus, malgré la loi de zonalité¹, la topographie provoque une hétérogénéisation des habitats à l'intérieur d'une zone bioclimatique (Strahler et Strahler, 1992). La géomorphologie correspond au troisième niveau du modèle. Un type de dépôt de surface

¹ La loi de zonalité décrit que le développement des sols est en premier lieu déterminé par le climat. Ainsi, des sols de roches mères différentes mais à l'intérieur d'une même unité bioclimatique vont démontrer des évolutions convergentes (Forman et Godron, 1986).

peut influencer l'utilisation du sol et la structure du paysage (Pan *et al.*, 1999).

Le quatrième niveau du modèle correspond à l'influence humaine. L'homme, par ses activités, transforme le paysage d'une manière souvent drastique (Vink, 1983). Les paysages agricoles étant anthropiques, leur structure est la résultante directe d'un ensemble de relations complexes entre la propriété, la force de travail, le capital et les influences sociales, économiques et politiques (Vink, 1983; Lefort, 1997; Vachon, 1991). De fait, le palier de l'influence humaine peut être décomposé en plusieurs niveaux d'organisation. La gradation anthropique du schéma conceptuel (Figure 1) est basée sur les travaux de Deslauriers *et al.* (1992), Bryant (1989), Ilbery et Bowler (1998). Selon ces auteurs, l'unité de production (ou la ferme) est intégrée à l'intérieur d'un complexe agro-industriel qui peut être décrit selon un modèle hiérarchique. Conséquemment, une ferme est sujette aux forces de changements qui se manifestent selon différentes échelles géographiques.

2.1.2 Description des niveaux de la hiérarchie anthropique

Le deuxième bloc de la hiérarchie se distingue du premier par le fait qu'il intègre la prise de décision. Ainsi, le système agricole est déterminé par une structure économique et politique complexe (Beaudry, 1993; Bryant, 1992; Lefort, 1997).

La structure hiérarchique des niveaux reliés aux activités anthropiques est divisée en quatre niveaux : économie mondiale, politiques fédérales, politiques provinciales et propriétaires. Comme pour l'organisation des composantes physiques, celles de la hiérarchie anthropique sont ordonnées selon leur importance dans l'espace et le temps. De plus, ces niveaux sont contraints par trois forces de changements : changements dans les valeurs

monétaires et non-monétaires, changements technologiques et changements institutionnels. Les paragraphes qui suivent ont pour but de décrire brièvement ce système socio-économique et les forces de changements qui y sont rattachées.

Deslauriers *et al.* (1992) ont cherché à comprendre cette dynamique économique complexe qui conditionne la structure agricole. Selon ces auteurs, les dynamiques de transformation des fermes seraient la résultante de quatre facteurs : 1- l'organisation socio-économique des fermes de production, 2- les systèmes d'échanges qui lient la ferme aux systèmes de fonctionnement supérieur (importance de l'échelle), 3- les forces de changements et 4- les types de réponse selon la grosseur de la ferme.

Le premier facteur permet de caractériser le système d'une ferme selon des critères sociaux, économiques, techniques, financiers et de comportement. Le deuxième facteur, les systèmes d'échanges qui lient la ferme aux systèmes de fonctionnement supérieur, est particulièrement intéressant, car il décrit justement le fonctionnement du système hiérarchique de l'économie de marché. Comme mentionné antérieurement, l'évolution d'un niveau, dans un système de construction hiérarchique, est balisée par le plateau supérieur de l'ensemble (Turner *et al.*, 2001). Mais les auteurs font remarquer qu'une ferme peut être influencée par différents niveaux en même temps. En effet, une unité de production peut être intégrée à la fois à l'intérieur d'un système d'échange international et national pour l'accessibilité du capital et d'un système local pour la force de travail de la ferme. Côté et Vézina (1988) décrivent la structure des filières agricoles au Québec et démontrent cette complexité. Par exemple, dans chacune des principales activités de transformation de la filière céréalière, il y a présence de firmes nationales et internationales. Par contre, le secteur de la meunerie demeure contrôlé par des petites et moyennes entreprises (PME) régionales et des coopératives. Ainsi, à cause de cette structure inter-reliée, un

changement dans n'importe quelle composante peut affecter une unité de production. Ces changements s'établissent selon deux cheminements différents : passif ou actif. Autrement dit, suite à un macro-changement, les individus réagissent et s'ajustent ou initient eux-mêmes les commutations et deviennent du coup entrepreneurs et innovateurs (Bryant, 1989).

Le troisième facteur, qui correspond aux forces formatives des changements, caractérise l'évolution du système agricole à l'intérieur d'une société post-industrielle selon trois ensembles de vecteurs. Ces derniers sont : des changements techniques (agrandissement des exploitations et la mécanisation de l'agriculture), des changements dans les valeurs monétaires et non-monétaires (concurrence de plus en plus importante suite à l'intégration de l'agriculture dans un système national et international de production et de marché, évolution moins rapide des prix agricoles à comparer à ceux reliés aux coûts de production et changements dans les préférences des consommateurs) et des changements institutionnels tels que les quotas, les subventions et la modification des taux d'intérêt.

Le quatrième facteur établit que la réponse d'une ferme face à un changement à une échelle supérieure est reliée à la grosseur de l'entreprise agricole et qu'il est possible de regrouper ces différentes réactions (Deslauriers *et al.*, 1992).

En somme, le travail de Deslauriers *et al.* (1992) est important car il explique l'hétérogénéité d'un paysage à l'intérieur d'un même territoire où l'ensemble des fermes de production est rattaché à un même type d'organisation socio-économique. Ainsi, la structure d'un paysage agricole est déterminée par un système complexe construit de manière hiérarchique et où les jeux économiques se combinent à différentes échelles. Les producteurs agricoles doivent aujourd'hui s'ajuster aux changements nationaux et internationaux en tenant compte des facteurs sociaux, économiques,

techniques, scientifiques, environnementaux et politiques (Ilbery, 1998; Lefort, 1997).

Par contre, une dynamique à une échelle encore plus raffinée que celles précédemment développées est présente et influence à sa manière la structure du paysage : ce sont les changements de propriétaires. Le système agro-économique présenté ci-haut affecte principalement l'agriculteur qui est lié à l'évolution de ce système. Même si l'agriculteur correspond à l'acteur premier d'un milieu rural à caractère agricole, d'autres types de propriétaires sont présents sur le territoire et sont soumis à des forces de changements différentes.

L'influence de la géomorphologie (Pan *et al.*, 2001), de l'économie (Fukamachi *et al.*, 2001), des politiques gouvernementales (Nagashima *et al.*, 2001), des forces socio-politiques (Reid *et al.*, 2001) et du système culturel (Olsson *et al.*, 2000) sur les changements d'utilisation du sol et la structure du paysage a été démontrée. Par contre, à l'échelle du propriétaire d'un système rural, une nouvelle dynamique reliée à la diversification des types de propriétaires grandit (Ilbery, 1998) en importance et son influence sur les changements d'utilisation du sol et la structure du paysage mérite d'être étudiée.

2.1.3 Description du niveau *Propriétaire*

Cette sous-section porte sur le phénomène de diversification des propriétaires en milieu rural et sur l'influence de ces différents types de propriétaires sur la structure du paysage et sur les changements d'utilisation du sol.

Le milieu rural des pays industrialisés, s'étant modifié depuis les dernières décennies, développe aujourd'hui des activités non-agricoles et offre ainsi

des services et des structures d'emplois comparables aux grandes villes (Kayser, 1992; Bruno, 1997; Dugas, 2000; Deslauriers *et al.*, 1992; Paquette et Domon, 2000; Tjallingii, 2000). Après plusieurs décennies d'exode rural, les tendances sont maintenant inversées dans certaines régions du monde (Ilbery, 1998). Le phénomène de contre-urbanisation a été noté par plusieurs auteurs dans la majorité des pays d'Europe de l'Ouest et d'Amérique du Nord (Davies et Yeates, 1991; Bunce et Walker, 1992; Ilbery, 1998; Paquette et Domon, 1999; Kayser, 1992). Au Québec, Dugas (2000) dégage trois tendances démographiques. Pour les localités en périphérie des grands centres urbains et des centres de services, la population augmente. Pour celles dont la structure économique repose sur l'exploitation des ressources naturelles, et plus particulièrement sur l'agriculture, la population reste relativement stable. Finalement, les municipalités ayant des problèmes socio-économiques et une agriculture médiocre voient leur population diminuer.

Les chercheurs qui ont étudié le phénomène de croissance de la population en milieu rural relient cet essor principalement à l'arrivée de résidents d'origine urbaine. En effet, plusieurs auteurs ont noté ce récent phénomène de migration de la ville à la campagne (Davies et Yeates, 1991). Cette nouvelle tendance amène une diversification des types de propriétaires. Ces derniers peuvent être regroupés en trois catégories : les producteurs agricoles, la population rurale non-agricole et les gens de provenance urbaine (Davies et Yeates, 1991).

Suite à une expérience semblable réalisée au Québec dans le canton de Havelock, Paquette et Domon (1999) attribuent aussi la renaissance rurale à l'arrivée de résidents d'origine urbaine. Selon leur recherche, plus de 40% de la population serait native de l'extérieur du canton, principalement de la région métropolitaine de Montréal. Comme pour les autres recherches, ce processus de migration exurbaine date de 1970 et le groupe d'âge le plus

attiré par ce phénomène de migration est celui des 45-64 ans. Cette étude est intéressante car elle dresse un portrait de la distribution géographique des implantations résidentielles et en dévoile une distribution non-aléatoire. Les exurbains auraient tendance à s'établir aux endroits comportant une vue panoramique ou étant majoritairement boisés (Paquette et Domon, 1999). Les plaines agricoles seraient plutôt adoptées par les individus liés à l'agriculture et ceux qui correspondent à la classe « resettler » de Davies et Yeates (Davies et Yeates, 1991). Les résultats permettent de poser l'hypothèse que le paysage semble être un facteur agissant sur les trajectoires sociodémographiques des municipalités rurales.

Ilbery (1998) constate aussi ce phénomène en Angleterre et se penche sur les problèmes qu'engendre cette dynamique. La repopulation des campagnes est principalement causée, comme il a été observé dans certaines régions au Québec (Paquette et Domon, 1999), par la venue d'exurbains de classe moyenne. Ce groupe a la caractéristique de prendre une part active dans la politique de leur nouvel environnement et, par leur statut social (revenus relativement élevés et haut niveau de scolarité), ont une influence considérable sur les décisions sectorielles (Ilbery, 1998). De cette arrivée de gens bien nantis résulte une déstabilisation de la population, nommée par l'auteur comme une érosion des communautés locales.

Nous sommes maintenant en présence d'une nouvelle demande, d'origine urbaine, pour de nouveaux usages de l'espace rural (Jean, 1997). Ainsi, dans plusieurs cas, la campagne serait plus qu'un simple espace de production de matières premières, mais serait aussi un lieu de résidence chargé de valeurs identitaires (Paquette et Domon, 2000). Plusieurs auteurs ont noté ce lien entre l'attrait du rural et le paysage (Bunce et Walker, 1992; Sgard, 1991; Luginbühl, 1991). Ainsi, Yves Luginbühl (1991) décrit les agriculteurs comme étant un groupe social producteur de nature et surtout

de paysage. Le nouveau propriétaire serait donc en quête d'un patrimoine paysager.

Davies et Yeates (1991) ont tenté de savoir si c'est la ville qui pousse les urbains à la quitter pour diverses raisons (taxes élevées, trafic routier, espaces restreints, ...) ou la campagne qui les attire par cette quête du patrimoine paysager. Les auteurs sont arrivés à la conclusion que c'est un mélange des deux facteurs qui provoque cette dynamique. Des changements divers dans les paliers supérieurs du système hiérarchique provoquent un mouvement des populations contraire à celui de l'exode rural qui était caractéristique du développement de l'écoumène de la province de Québec depuis le début du siècle. Ces mouvements créent une diversification de la population en milieu rural dont découle une transformation des pressions sur le paysage.

La prochaine section a pour objectif de présenter les événements historiques qui ont influencé la structure du milieu rural au Québec. La présentation de ces événements se fera dans un ordre chronologique, en respectant leur rôle dans le schéma conceptuel.

2.2 Les grands événements qui ont forgé le milieu rural au Québec

Domon (1990) dresse un portrait de l'évolution de l'agriculture au Québec qui permet de saisir la complexité de ce système qui détermine l'évolution du paysage agro-forestier du sud-ouest du Québec. Au niveau des interactions mondiales, il est possible de cerner quatre événements majeurs qui ont bouleversé l'économie agricole québécoise. Les trois premiers datent, mais leur influence sur l'évolution et le développement du système agricole québécois est non négligeable. La Première Guerre mondiale permet au Canada de s'affermir et de se renchérir en augmentant l'exportation de ses produits vers l'Europe. Cette envolée est freinée par la crise économique de 1929 qui l'astreindra à un retour à une agriculture de subsistance (Migner, 1980). La Deuxième Guerre provoque le même effet que la Première. On observe aussi depuis le début de cette guerre, et cela jusqu'en 1971, une restructuration profonde de l'économie. En effet, à partir de 1941, le nombre de fermes et la population rurale diminuent considérablement. C'est l'exode vers les villes. Une phase productiviste s'amorce alors et se traduit par une augmentation de la superficie des fermes et des terres cultivées (Courville, 1991). Mais cette phase productiviste, bien qu'amorcée par la déstabilisation des marchés économiques provoquée par les Grandes Guerres, est surtout liée aux développements technologiques et à la hausse des connaissances des techniques de production (Ilbery et Bowler, 1998; Lefort, 1997; Murdoch et Pratt, 1993). Finalement, la crise du pétrole de 1973 constitue, escortée par une série de grèves au port de Montréal, le paroxysme d'un malaise qui obligera l'État à revoir une politique fédérale d'aide au transport (Domon, 1990).

À l'échelle des politiques gouvernementales, les programmes de développement et la législation sont directement influencés par la nature du parti politique au pouvoir. Les gouvernements fédéral et provincial étant

interventionnistes, le développement de ce secteur est, en matière d'agriculture, dans la mesure du possible, planifié. Hugues Morrissette, en 1972, dénonce l'artifice économique de l'industrie laitière. En effet, le jeu de l'offre et de la demande est complètement faussé par un « jeu » de quotas et de subventions. En réaction à cette stagnation de la demande laitière et au chambardement économique international, le gouvernement provincial vise la diversification de ses productions pour ainsi diminuer sa dépendance aux marchandises importées. Pour ce faire, le gouvernement québécois modifie alors ses politiques économiques dans le but de développer trois nouveaux types de productions prioritaires : les céréales pour l'alimentation animale, la viande bovine et l'horticulture (Côté et Vézina, 1988). Cette ambition d'autosuffisance sera quelques années plus tard poursuivie par le gouvernement nationaliste. Ainsi, les années 1970 et 1980 sont caractérisées par une multitude de programmes d'aide à la production et de mesures pour accroître les superficies de céréales.

Il est intéressant de remarquer que ces programmes sont souvent établis en réponse à une transformation profonde de la structure socio-politique ou à une catastrophe économique mondiale. Par exemple, la crise du pétrole fait réaliser au gouvernement le niveau élevé de dépendance vis-à-vis l'extérieur et les effets néfastes de cet asservissement pour son équilibre interne. Ainsi, peu à peu, cette phase productiviste a laissé place au post-productivisme qui est caractérisé par l'intégration de l'agriculture à l'intérieur d'un système économique rural beaucoup plus large et comprenant des objectifs environnementaux (Ilbery et Bowler, 1998).

Selon Lefort (1997), le secteur agricole des pays industrialisés traverse actuellement une crise. L'origine des problèmes résiderait dans la contradiction profonde entre l'évolution des habitudes et les besoins alimentaires occidentaux. En d'autres mots, il y a croissance des productions, encombrement des marchés, baisse des cours mondiaux et

hausse de concurrence entre grandes puissances économiques productrices de biens alimentaires.

La description de ces grands événements permet de saisir le niveau de complexité politico-économique dans lequel baigne le micro-système économique de la région d'étude. Ainsi, il est possible de mieux comprendre les règles qui régissent les choix qui ont une influence directe sur l'évolution du paysage agro-forestier du Sud du Québec.

De plus, la description de ce système hiérarchique a permis d'identifier le rôle des propriétaires en milieu rural du Sud du Québec et, du coup, les limites de leur influence dans un système politico-économique global. Mais qu'en est-il de leur influence sur le paysage? Contraint par des éléments hors de sa portée, quel rôle le propriétaire joue-t-il exactement sur le développement d'un paysage rural du sud du Québec?

Avant de répondre à ces questions, la section qui suit porte sur les éléments de la littérature qui ont permis de développer la méthodologie. En premier lieu, l'approche orientée-objet est définie. Vient ensuite la présentation des différentes méthodes pour intégrer le temps à l'intérieur d'un SIG orienté-objet.

2.3 L'utilisation d'un SIG orienté-objet pour modéliser une dynamique de changements d'utilisation du sol

Bien que les SIG soient devenus des outils indispensables dans plusieurs domaines reliés à la représentation spatiale, de nombreuses lacunes persistent lorsqu'il s'agit de gérer le haut niveau de complexité des phénomènes géographiques (Claramunt *et al.*, 1997b). Effectivement, le processus de modélisation de phénomènes réels provoque une perte importante d'information. Ceci découle du fait que les structures informatiques ne peuvent supporter qu'une représentation abstraite des phénomènes. Une des difficultés à représenter les dynamiques du monde réel sous une forme réduite est liée à l'intégration d'un concept flou : le temps (Claramunt et Jiang, 2000). L'abstraction d'un tel concept engendre des difficultés scientifiques qui impliquent un questionnement philosophique approfondi.

Du fait que les SIG se soient développés au moment où les bases de données relationnelles étaient très populaires, les recherches pour gérer le temps ont longtemps été réalisées dans ce contexte (Egenhofer et Frank, 1992). Bien qu'approprié pour certains domaines, ce modèle est limité pour modéliser les phénomènes complexes. Effectivement, le modèle relationnel oblige le concepteur à convertir les données depuis leur forme naturelle pour les normaliser selon une structure en tables (Egenhofer et Frank, 1992). Peu à peu, les développeurs de bases de données ont envisagé un nouveau type de représentation des données qui avait déjà fait ses preuves dans d'autres domaines reliés à l'informatique : les bases de données orientées-objet (Rojas-Vega et Zemp, 1995; Bian, 2000). L'orienté-objet a été standardisé dans l'industrie de l'informatique depuis plus de vingt ans et son adoption comme standard de développement dans les SIG semble inévitable (Bian, 2000).

2.3.1 L'approche orientée-objet

Dans le monde réel, les composantes spatiales et non-spatiales des entités changent à différents moments et à différentes vitesses et il devient difficile et complexe de maintenir ces entités lorsqu'elles se divisent ou s'assemblent (Peuquet, 1999). Selon l'approche orientée-objet, les entités spatiales sont modélisées en tant qu'objets contenant des attributs et pour lesquels il est possible d'assigner des opérations spatiales. Ceci facilite la représentation topologique d'objets divisés, par exemple le développement parcellaire d'un secteur agricole (Vrana, 1989).

Le modèle orienté-objet repose sur trois éléments principaux : l'abstraction, l'encapsulation et la hiérarchie. L'abstraction peut être définie comme étant une description simplifiée d'un système en mettant l'emphase sur certaines caractéristiques plutôt que sur d'autres. Les caractéristiques retenues sont celles qui permettent de distinguer un type d'objet de tous les autres types d'objets. Toutes les abstractions ont des propriétés statiques et dynamiques. Par exemple, une parcelle d'utilisation du sol possède des attributs comme un identifiant, un type d'utilisation du sol et une surface. Ces propriétés sont statiques. Par contre, les valeurs de ces attributs sont dynamiques. Ces valeurs sont modifiées lorsque des opérations sont effectuées sur l'objet. La façon dont l'objet réagit aux stimuli correspond au comportement de cet objet (Booch, 1991).

Le comportement d'un objet est défini par les procédures contenues dans les classes d'objets. L'association des codes (procédures) et des données de l'objet produit une collection de méthodes. Ces méthodes correspondent à des actions que l'objet peut effectuer sur ses propres données. Une de ces actions peut être de déclencher une méthode d'un autre objet, ce qui

aura pour résultat de modifier cet objet. Ainsi, l'approche orientée-objet constitue un environnement très actif dans lequel les objets possèdent un *état* et un *comportement* qui leur permettent d'agir sur les autres objets ainsi que sur eux-mêmes (Worboys, 1999).

L'encapsulation est un concept complémentaire à l'abstraction. Comme précédemment décrit, l'abstraction met l'accent sur les comportements observables d'un objet. L'encapsulation correspond à l'exécution de ces comportements. Ainsi, l'encapsulation cache les détails reliés à l'implémentation de l'objet. L'encapsulation a pour utilité de restreindre l'accès des utilisateurs aux informations reliées aux mécanismes qui accomplissent les comportements. Seule l'interface (reliée au concept d'abstraction) de l'objet leur est utile (Booch, 1991). Par exemple, le client d'un guichet automatique n'est intéressé qu'au fait qu'en appuyant sur un bouton, la machine lui rendra de l'argent. Le mécanisme à l'arrière de l'écran ne le concerne guère.

Plusieurs objets qui possèdent des structures et des comportements communs peuvent être regroupés en classes (Booch, 1991). Il est aussi possible de créer des sous-classes et des méta-classes. Grâce au principe d'héritage, une classe d'objet peut hériter de certains attributs et des méthodes d'une classe supérieure. La classe supérieure est désignée comme étant le parent de la relation et sa sous-classe comme étant l'enfant. L'avantage de ce principe est de permettre une modélisation hiérarchique qui reflète la structure complexe des interactions du monde réel. Techniquement, les principes d'héritage permettent aussi d'éviter une redondance des données.

Il est possible de créer, grâce au principe d'héritage, des classes abstraites, c'est-à-dire, des classes qui ne possèdent pas d'instances directes. La classe abstraite possède une méthode qui a pour utilité de mettre en

application une opération qui provient de la ou des sous-classes qui lui sont associées².

L'approche orientée-objet comporte plusieurs avantages lors de la modélisation de phénomènes géographiques (Rojas-Vega et Zemp, 1995; Karimi et Lee, 1995). Premièrement, le principe de hiérarchie permet une organisation des objets qui est proche de notre conception du monde réel comme système complexe³. Deuxièmement, grâce au principe d'encapsulation des attributs et des méthodes de l'approche orientée-objet, il est possible d'octroyer un comportement propre à chacun des objets. De cette manière, la méthode orientée-objet cause une perte de sémantique moindre au cours de la conversion du modèle conceptuel au modèle d'implémentation (Rojas-Vega et Kemp, 1995; Karimi et Lee, 1995). Un autre avantage réside dans le fait que, lors de la conception d'un prototype de base de données selon cette approche, les scientifiques doivent prendre le temps de bien cerner les caractéristiques et les comportements des entités identifiées dans le monde réel. Comme ce sont ces derniers éléments qui structurent la représentation spatiale, l'exercice conceptuel imposé assure une conceptualisation rigoureuse (Raper et Livingston, 1995). Finalement, sur un plan plus technique, les bases de données orientées-objets offrent, de par leur assemblage, une flexibilité puissante et avantageuse (Rojas-Vega et Kemp, 1995, Worboys, 1998).

² Pour une description exhaustive des concepts des bases de données orientées-objets, se référer à Booch (1991) et Gardarin (1999) et pour les SIG orientés-objet, voir Leung *et al.*, 1999 et Worboys (1990, 1999).

³ La théorie des systèmes complexes tente de décrire les trajectoires convergentes et divergentes de l'évolution d'entités selon un modèle hiérarchique dans lequel les éléments interagissent et cohabitent (Malanson, 1999).

2.3.2 Intégration de la dimension temporelle dans un SIG orienté-objet

La modélisation de changements implique l'intégration de la dimension temporelle. Or, l'intégration complète de la dimension temporelle à l'aide d'un SIG orienté-objet demeure un objectif à atteindre. Un SIG temporel devrait permettre à l'utilisateur de comprendre les changements et leurs effets au lieu de simplement reproduire une séquence d'instantanés (Wachowicz et Healy, 1994).

Les difficultés concernent principalement les manières d'intégrer la dimension temporelle à l'intérieur d'un modèle. Le tableau 1 résume l'évolution des études portant sur l'intégration du temps à l'intérieur des SIG orientés-objets au cours de la dernière décennie. Globalement, ce tableau démontre que chaque modèle intègre la dimension temporelle à sa manière. Il y a donc plusieurs façons d'intégrer le temps, d'enregistrer et de séquencer les événements et finalement, de questionner la base de données. Le choix de la méthode est généralement relié à la problématique.

Une première observation faite à partir de ce tableau est que les modèles ne sont pas toujours basés sur une approche complètement orientée-objet. Certains logiciels, comme Smallworld GIS, offrent une interface orientée-objet, mais stockent les données selon un modèle relationnel. La raison principale est purement technique. Les systèmes hybrides permettent une évolution naturelle entre les bases de données relationnelles et orientées-objets (Zemp et Kowalczyk, 1994; Chance *et al.*, 1999). Effectivement, le logiciel permet de créer un modèle de base de donnée orientée-objet dans lequel des données externes sont importées. Du fait que ces informations sont généralement organisées selon l'approche relationnelle, l'hybridité facilite le transfert d'un logiciel à l'autre.

Référence	Nom	Date de conception*	Modèle orienté-objet complet	Type d'implantation de la temporalité	Versionnement	Opérateurs temporels (requêtes)	Critiques / Notes
Zemp et Kowalczyk (1994)	POSTGRES	1994	Modèle relationnel étendu	Estampillage temporel	Oui	Oui	
Zemp et Kowalczyk (1994)	Zenith	1992	Oui	Classes temporelles hiérarchiquement ordonnées	Oui (à travers une relation)	Non	Non-restreint à une topologie temporelle linéaire
Wachowicz et Healy (1994)		1994	Oui	Classes temporelles hiérarchiquement ordonnées	Oui	Oui	
Raper et Livingstone (1995)	OOgeomorph	1995	Oui	Classes temporelles hiérarchiquement ordonnées	Non	Non	
Köster et al. (1997)	GeoOOA	1997	Oui	Estampillage temporel (relation récursive)	Oui, événement temporel	Non	
Parent et al. (1997)	MADS	1997	Hybride	Estampillage temporel des attributs et des relations + classes de processus spatio-temporels	Non	Non, mais langage de requête adapté au modèle	Formalisme pour préciser les aspects spatiaux et temporels dans le pictogramme
Gayle et al. (1997)	Pollen	1997	Oui	Classes temporelles	Non	Non	
Bian 2000		2000	Oui	Estampillage temporel	Non	Non	
Bruel 2001		2000	Hybride	Estampillage temporel, relation récursive	Oui	Oui, « Avant », « Après »	
Spréry et al. 2001		2001	Oui	Classes temporelles hiérarchiquement ordonnées	Oui, filiation linéaire	Non, utilisent O ₂ SQL	
Fřihida 2001		2001	Hybride	Estampillage temporel (start_time, end_time)	Oui	Oui, prédicats d'Allen (Allen, 1984)	

*Date approximative selon la date de parution dans la revue.

Tableau 1 : Typologie des méthodes d'intégration du temps à l'intérieur des SIG orienté-objets

Deux types d'implantation de la temporalité à l'intérieur d'un SIG orienté-objet reviennent souvent dans la littérature : l'estampillage temporel et la hiérarchisation de classes d'objets temporelles. L'estampillage temporel consiste à assigner un attribut temporel aux entités concernées par les changements. L'attribut temps est encapsulé à l'intérieur de l'objet, donc fait partie intégrante de celui-ci. Une implémentation des données est nécessaire pour conserver les versions des objets. Ainsi, le versionnement permet de conserver les anciennes versions d'une entité et de les récupérer au besoin (Smyth, 1998). D'autres types d'implantations utilisent l'estampillage temporel, mais en imposant à la classe d'objets contenant l'attribut temporel une relation récursive (Bruel, 2002). Cela permet d'établir la séquence des versions d'objets. Par contre, ce mécanisme ne permet qu'une filiation linéaire unique pour un objet (Claramunt *et al.*, 1997b). L'objet est isolé dans l'espace, ce qui cause la perte d'une information importante: les influences entre les objets.

D'autres concepteurs exploitent les avantages de l'approche orientée-objet (fonction d'agrégation) en reliant hiérarchiquement des classes temporelles. Ceci permet de créer une séquence qui n'est pas restreinte à une topologie temporelle linéaire (Claramunt *et al.*, 1997b). De plus, la nouvelle version d'un objet hérite automatiquement des qualités temporelles de son prédécesseur (Wachowicz et Healy, 1994). Finalement, le modèle MADS propose une implantation très intéressante en estampillant temporellement non seulement les attributs, mais aussi les relations et en créant des classes de processus spatio-temporels (Parent *et al.*, 1997). Ainsi, cette méthode offre la capacité de conserver l'orthogonalité entre les trois dimensions structurelle, spatiale et temporelle. En d'autres mots, cette procédure permet de les gérer d'une manière indépendante.

Parallèlement au développement de différents types d'implantation de la temporalité à l'intérieur d'un SIG orienté-objet, des outils de requêtes temporelles sont requis pour questionner la base de données (Claramunt et Thériault, 1995; Kemp et Kowalczyk, 1994; Peuquet, 1999). Ainsi, les travaux de Frihida (2003) ont permis d'enrichir le logiciel orienté-objet Smallworld des opérateurs temporels de Allen (1984) et des opérateurs de position (Frihida, 2003). La figure 2 contient la liste de ces relations entre des événements comportant une durée (Figure 2). Les opérateurs ordinaux sont présentés en a). Les durées des événements sont alignées sur une ligne de temps, ce qui permet de distinguer sept relations temporelles différentes. En b), les opérateurs de position permettant de séquencer les événements sont présentés. Ainsi, la possibilité d'accéder à des informations relatives à un événement à l'intérieur d'une séquence temporelle a été ajoutée à ces opérateurs. Par exemple, le codage de Frihida permet de sortir le 4^e élément d'une liste, de le conserver et d'effectuer d'autres requêtes ou appliquer d'autres opérateurs temporels (voir même spatiaux) sur ce résultat.

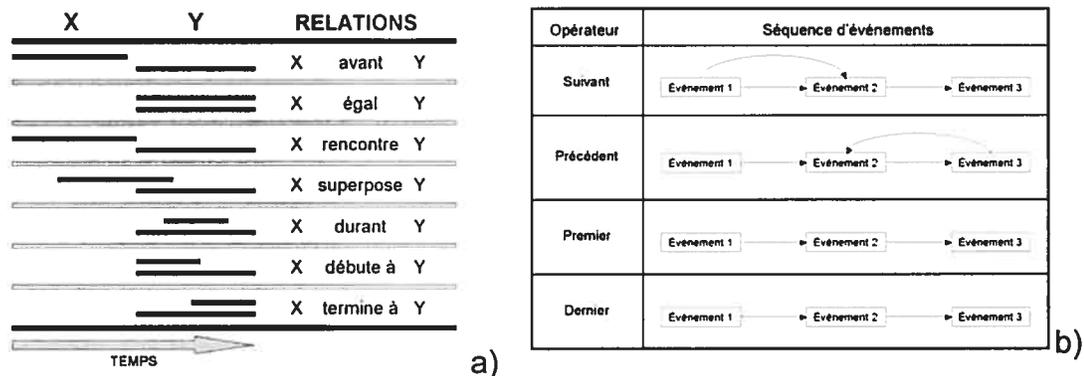


Figure 2: Opérateurs ordinaux en a) et opérateurs de position en b)

Cette section de chapitre a permis de démontrer les principaux avancements dans l'implantation de la dimension temporelle à l'intérieur d'un SIG orienté-objet. Aujourd'hui, les recherches sur l'implantation de la dimension temporelle à l'intérieur des SIG orientés-objet demeurent majoritairement

théoriques, mais elles démontrent leur puissance et leur efficacité. De plus, certains travaux analysent les méthodes d'implantation du temps tandis que d'autres s'attardent à développer des outils de requêtes. Il s'avère donc important à ce stade de recherche de regrouper ces avancements techniques et de les appliquer à une problématique géographique concrète dans le but d'en tester l'applicabilité.

2.4 Objectifs et questions de recherche

L'analyse des études précédentes démontre que beaucoup de facteurs différents influencent la structure d'un paysage rural. Ce chapitre a présenté l'organisation hiérarchique de ces facteurs et leurs rôles dans la structuration du paysage. La variable *Propriétaire* étant à la base de cette pyramide hiérarchique, elle correspond à l'acteur par lequel les autres facteurs structurants influencent le paysage. De plus, le fait que cette variable corresponde à un être vivant possédant la capacité de prendre des décisions, donc de se plier ou non au système supérieur, un filtre (la prise de décision) est appliqué et modifie le degré d'influence de ce système. Ainsi, il s'avère nécessaire de vérifier le degré d'influence du propriétaire sur le paysage.

Cette étude comporte deux objectifs. Le premier objectif consiste à décrire et analyser les changements d'utilisation du sol en relation avec les changements de propriétaires au cours des quatre dernières décennies dans un milieu rural du Sud du Québec, et à quantifier l'influence de ces changements sur la structure du paysage. Le deuxième objectif est de tester l'applicabilité d'un modèle de données orientées-objets pour une telle étude. Plus spécifiquement, il s'agit de vérifier comment l'approche orienté-objet ajoute de la richesse sémantique en particulier avec l'ajout de la dimension temporelle.

Cinq questions de recherche ont été construites en relation avec le premier objectif : 1) Quelle est la dynamique des changements d'utilisation du sol? 2) Est-ce qu'un changement de propriétaires entraîne un changement d'utilisation du sol? 3) Quelle est la dynamique des changements de propriétaires? 4) Quels sont les processus qui ont forgé la structure du

paysage? 5) Quelle est l'influence des dépôts de surface sur la dynamique globale observée sur le territoire à l'étude?

Les réponses à ces questions de recherche permettront de vérifier le degré d'influence des propriétaires en tenant compte des autres variables du schéma conceptuel, de vérifier s'il y a eu diversification des types de propriétaires au cours de la période d'étude et finalement, si cette diversification existe, de caractériser l'influence de chacun des différents types de propriétaires.

3 Méthodologie

Ce chapitre a pour but de décrire les étapes méthodologiques accomplies pour réaliser la présente étude. Ces étapes ont permis de développer un outil pour étudier la dynamique des changements d'utilisation du sol en relation avec les changements de propriétaires et un outil pour analyser les processus qui ont structuré la région d'étude.

Quatre sections composent ce chapitre. La région d'étude est présentée en premier lieu, suivie par la description de la collecte des données. Ensuite, le design du modèle de données orienté-objets et les étapes reliées à la création d'une base de données spatio-temporelle sont détaillés. Finalement, les méthodes qui ont été retenues pour analyser les données sont présentées.

3.1 Description de la région d'étude

La région d'étude correspond à la municipalité de Godmanchester située dans la municipalité régionale de comté du Haut-St-Laurent (Figure 3). La municipalité de Godmanchester couvre une superficie de 138 km². Par sa localisation, elle bénéficie de plus de 2 505 degrés-jour et est ainsi avantagée pour la culture du maïs-grain (Domon, 1990; Vink, 1983). De plus, le site d'étude est situé à une centaine de kilomètres au sud-ouest de la ville de Montréal. Sa localisation est trop éloignée pour que la région se transforme en banlieue, mais sa proximité lui permet de profiter du marché économique de Montréal (Bryant, 1992).

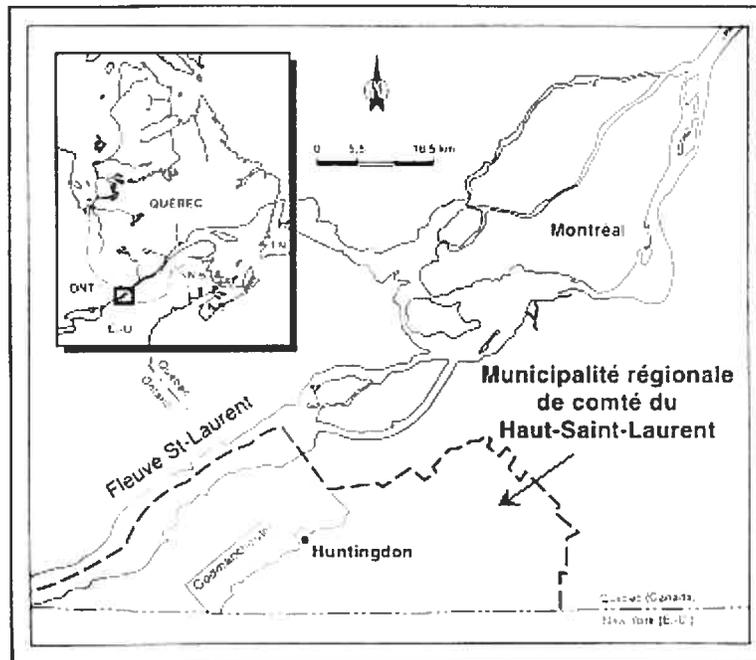


Figure 3: Localisation de la région d'étude

La géomorphologie de la région d'étude est résiduelle de la dernière glaciation. Elle est caractérisée par trois formes principales de dépôts: biogéniques, morainiques et marins (Bariteau, 1987). En général, le relief de la région est relativement faible. Les zones recouvertes de dépôts marins du tardiglaciaire sont parsemées de bourrelets morainiques. Ces caractéristiques physiographiques ont joué un rôle important lors du développement de la région (Pan *et al.*, 1999). Effectivement, la distribution de l'utilisation du sol est non-aléatoire et en fonction des dépôts géomorphologiques sous-jacents. De fait, à Godmanchester, conséquemment à l'évolution de la technologie, une restructuration de l'utilisation du sol s'est effectuée suivant la distribution spatiale des dépôts. Peu à peu, la forêt s'est établie sur les bourrelets morainiques (la proportion est passée de 43% en 1958 à 60% en 1993) et les champs se sont concentrés sur les dépôts marins (la proportion de recouvrement de champs

sur les dépôts marins oscille entre 85% et 90% au cours de la même période) (Pan *et al.*, 2000).

On peut reconnaître quatre phases dans l'historique des changements qui ont façonné l'évolution de Godmanchester. Le 19^e siècle est caractérisé par une exploitation forestière intensive couplée aux développements agricoles (Bouchard et Domon, 1997). L'agriculture, à ce moment était effectuée sur les dépôts morainiques. Ces sols formés de diamectons étaient bien drainés, ce qui n'était pas le cas des sols constitués de dépôts marins qui étaient gorgés d'eau.

La deuxième phase de changements (approximativement 1900 – 1960) est caractérisée par l'avènement de nouvelles technologies de drainage. Il est alors possible dès les années 1950, d'exploiter les terres à dépôts marins qui avaient l'avantage (en plus de constituer des sols plus riches en minéraux) d'offrir un relief plat, ce qui facilite l'utilisation de machinerie lourde. Lors de la troisième phase (approximativement 1960 – 1970), deux phénomènes se produisent : l'abandon des pâturages et la hausse de l'efficacité de la production laitière suite aux développements technologiques. En réaction à la stagnation de la demande en lait au Québec à la fin des années 1960 et à l'établissement de nouvelles politiques gouvernementales visant la diversification de ses productions, la municipalité se tourne alors vers l'exploitation du maïs-grain (Domon, 1990). Cette dernière transformation correspond à la quatrième phase (approximativement 1970 –).

Une dynamique sociale est observée parallèlement aux changements agraires de la région qui s'exercent depuis les années 1970. La tendance d'exode rural observée à l'échelle du sud du Québec est notée pour la municipalité de Godmanchester. Paquette et Domon (1999) ont remarqué une baisse du nombre de fermes par km² et de la population fermière pour une zone d'étude qui englobe la MRC du Haut-St-Laurent. Par contre,

contrairement à la dynamique provinciale, le secteur agricole de la région est en expansion depuis 1979 (Domon *et al.*, 1993). La propension agricole actuelle de Godmanchester peut être caractérisée par une intensification modérée de l'agriculture (Paquette et Domon 1999). La proportion des terres cultivées a beaucoup augmenté et les secteurs en friche ont diminué. La municipalité est définie comme étant agricole rurale avec une densité de population faible.

La municipalité de Godmanchester a été retenue comme site d'étude, car elle intègre les attributs généraux de la MRC du Haut-St-Laurent. Deuxièmement, elle est caractérisée par une dynamique du paysage intéressante et un riche historique de changements d'utilisation du sol. Subséquemment à une colonisation tardive (1800), la région représente un laboratoire naturel unique (Bouchard et Domon, 1997). La région a été peu étudiée avant 1982 et est depuis le point central d'un groupe de recherche multidisciplinaire (Bouchard *et al.*, 1985). Résultant de cet intérêt, une grande banque de données est maintenant disponible sur la région. Finalement, la dynamique rurale de Godmanchester est influencée directement par les grandes tendances et événements qui ont modelé le Québec d'aujourd'hui et plus précisément, le secteur de l'agriculture.

La méthodologie adoptée pour ce projet comporte quatre étapes majeures (Figure 4): la collecte des données (spatiales, temporelles et textuelles), le développement d'un modèle orienté-objet, la création d'une base de données spatio-temporelle et l'analyse des données.

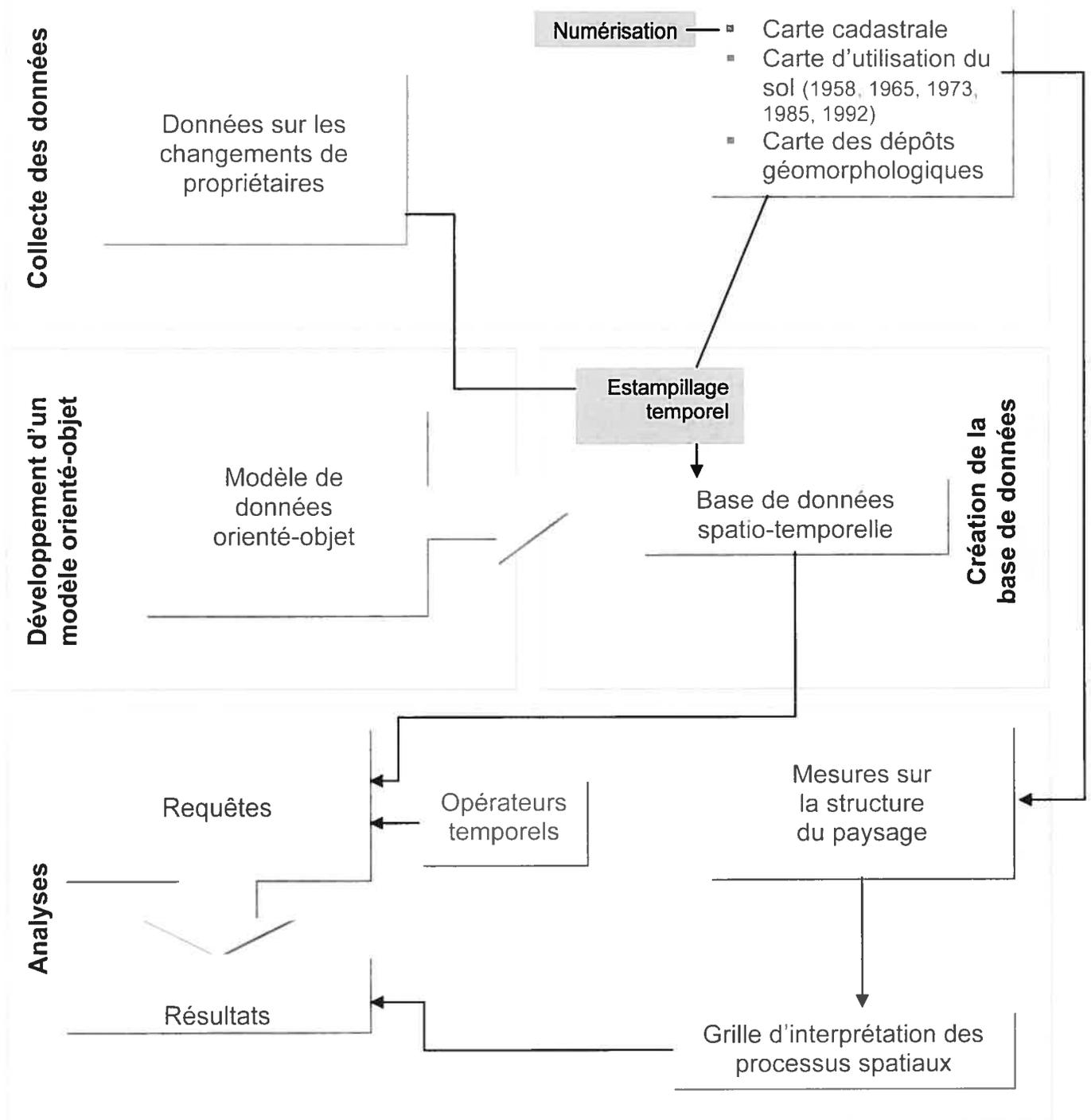


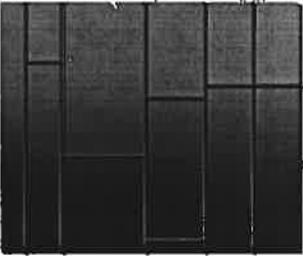
Figure 4: Schéma méthodologique

3.2 Collecte des données

Les données recueillies pour le projet comprennent : 1) des données relatives aux changements des propriétaires, 2) des cartes cadastrales, 3) des cartes d'utilisation du sol et 3) une carte des dépôts géomorphologiques.

Les données relatives aux changements de propriétaires et requises pour construire les chaînes de titres ont été recueillies dans les registres du Bureau d'enregistrement et de publicité des titres de la MRC du Haut-St-Laurent. Ces données correspondent au numéro du lot, la date de transaction, le type de transaction, le nom de l'acquéreur, le nom du vendeur et le numéro de contrat. Ces données permettent la reconstitution de l'historique des changements de propriétaires pour chacune des parcelles. La filiation est effectuée à l'aide des noms des propriétaires et des numéros de lot. Ces données ont été rassemblées dans un chiffrier et reliées au cadastre. Ainsi, chaque lot contient son historique de propriétaire. L'information spatiale (polygones de lots) et temporelles (date d'acquisition et transaction⁴) sont jointes (Figure 5).

⁴ Les données sur les transactions ont été récoltées jusqu'au 12/31/1997. Lorsque le propriétaire était encore en possession d'une parcelle à la fin de 1997, la durée de propriété étant indéfinie, la valeur 100 était inscrite.



ID	Contrat	nom	Propriete	start_time	end_time	duree	id_proprio
1026	1	laurent	10	12/31/1957	12/31/1997	100	637
1070	67561	lorna	11	1/1/1964	12/31/1969	6	662
1232	73859	murray	11	1/1/1970	12/31/1997	100	772
1673	1	willian	11	12/31/1957	12/31/1963	6	1043
1488	68699	ronald et willa	14	1/1/1965	12/31/1972	8	924
1493	77676	ronald	14	1/1/1973	12/31/1997	100	927
80'	1	russe	14	12/31/1957	12/31/1964	7	497
	123647	mathieu	50	1/1/1995	12/31/1997	100	738
	67032	david l	50	1/1/1964	12/31/1994	31	214
	1	burton	50	12/31/1957	12/31/1963	6	136
391	124121	dominique	101	1/1/1996	12/31/1997	100	240
565	123748	fermes l	101	1/1/1995	12/31/1995	1	344
670	1	georges	101	12/31/1957	12/31/1963	6	400
	70967	maurice	101	1/1/1968	12/31/1994	27	745
	67502	weby	101	1/1/1964	12/31/1967	4	1015
	1	denise	150	12/31/1957	12/31/1959	2	227
	73329	richard	150	1/1/1970	12/31/1989	20	876
	62946	jean-marcel	150	1/1/1960	12/31/1963	4	547
	114526	fermes r	150	1/1/1990	12/31/1997	100	348
	66693	romeo	150	1/1/1964	12/31/1969	6	921

Données sur les propriétaires

Cadastre

Figure 5: Lien entre le cadastre et les données sur les propriétaires

La première étape de la récolte des données spatiales correspond à la numérisation de la carte cadastrale qui a été effectuée avec le logiciel Arc View 3.1. Cette carte, fournie par la municipalité de Godmanchester, est à l'échelle du 1:10 000 et date de juin 1990. La carte cadastrale contient des informations pour trois unités spatiales : le lot, le lot subdivisé et la propriété. Le lot correspond à la division légale de la municipalité, le lot subdivisé à un sectionnement légal d'un lot et la propriété à un regroupement de parties de lots appartenant à une même personne. Le lotissement est relativement stable dans le temps, même si certains de ces lots ont été subdivisés depuis le premier plan cadastral. Par contre, un propriétaire pouvait décider de vendre seulement une partie de son lot sans effectuer une subdivision légale du lot car cette procédure était extrêmement coûteuse. Cette fraction de lot correspond à la parcelle. Avec le temps, cette division en parcelles créa une importante fragmentation du territoire agricole. Ainsi, les limites d'une propriété ne correspondent plus exactement aux fractions légales du

cadastre, mais s'étendent plutôt sur plusieurs lots. La version numérisée de la carte cadastrale est liée à une base de données qui contient les informations sur les numéros des lots et lots subdivisés, les numéros des propriétés et un numéro unique pour chacune des parcelles. Cette procédure a été effectuée avec le logiciel Arc View 3.1 (Figure 6).

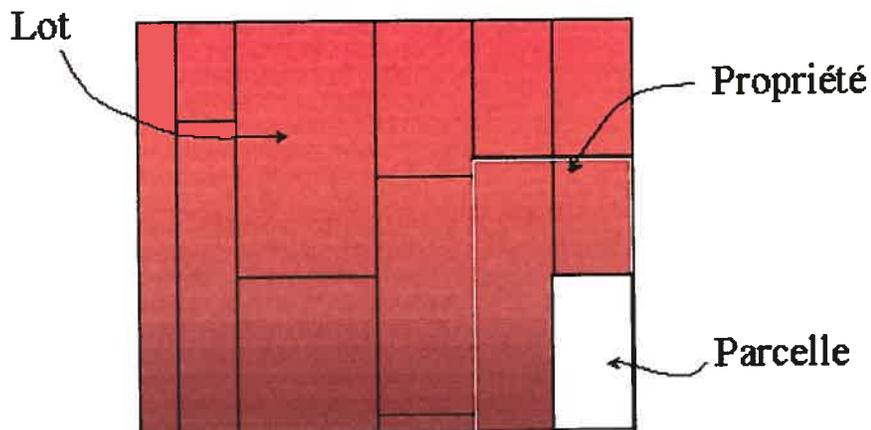


Figure 6: Divisions spatiales du cadastre

Les données sur l'utilisation du sol recouvrant le territoire à l'étude sont disponibles pour les années 1958, 1965, 1973, 1985 et 1992. Ces données fournissent de l'information pour huit classes: Forêt, Champ, Bâti, Friche, Eau, Pâturage, Extraction minière et Plantation. Les types Eau, Extraction minière et Plantation n'ont pas été retenus lors de l'analyse en raison de la faible portion de territoire qu'ils couvrent.

Finalement, les données spatiales sur les distributions des dépôts géomorphologiques ont été numérisées à partir d'une carte au 1 :20 000 (Bariteau, 1987).

3.3 Développement d'un modèle orienté-objet

Le modèle orienté-objet a été développé à l'aide du logiciel Smallworld GIS 3.1. Ce logiciel est un SIG qui utilise les principes de l'orienté-objet. Il est l'un des plus connus et des plus utilisés de sa catégorie. Il permet de stocker des objets (données) dans un environnement de programmation orienté-objet. Smallworld GIS offre son propre logiciel de programmation : Magik. Ce langage hybride emploie à la fois des concepts de l'approche procédurale et de l'approche orientée-objet. La programmation dans Smallworld GIS s'effectue dans un environnement interactif. Ce logiciel offre des outils de programmation disponibles dans un environnement de type Windows dont l'outil CASE qui facilite la construction d'objets et des relations entre ces objets.

3.3.1 Design d'un modèle de données orientée-objet

Le modèle orienté-objet conçu pour ce projet est composé de sept classes d'objets : *Parcelle*, *Propriété*, *Propriétaire*, *Dépôts géomorphologique*, *Utilisation du sol*, *Proportion utilisation du sol* et *Proportion de dépôts géomorphologiques* (Figure 7).

La classe d'objet *Parcelle* est au cœur du modèle. Elle contient l'information spatiale correspondante au cadastre. En plus d'un identifiant, la classe d'objet *Parcelle* contient l'attribut *Numéro de lot* qui fournit l'information sur le numéro de lot auquel une parcelle appartient. Trois champs de jointure (*Id_propriété*, *id_prop_geom* et *id_prop_utili_sol*) permettent d'accéder aux caractéristiques sur la propriété, les dépôts géomorphologique et l'utilisation du sol.

La classe d'objet *Propriété* contient un identifiant et des attributs temporels. La dimension temporelle est intégrée à l'intérieur du modèle par estampillage. Pour ce faire, des attributs de début et de fin (*Start_time*, *End_time*) ont été assignés à cette classe d'objet. Pour une instance, la valeur de début est égale à la date d'achat de cette instance et la fin, à sa date de vente. De plus, l'attribut *Durée* renseigne sur la période entre le début et la fin d'une instance. La classe d'objet *Propriété* possède deux champs de jointure : les identifiants des parcelles constituant la propriété et l'identifiant du propriétaire.

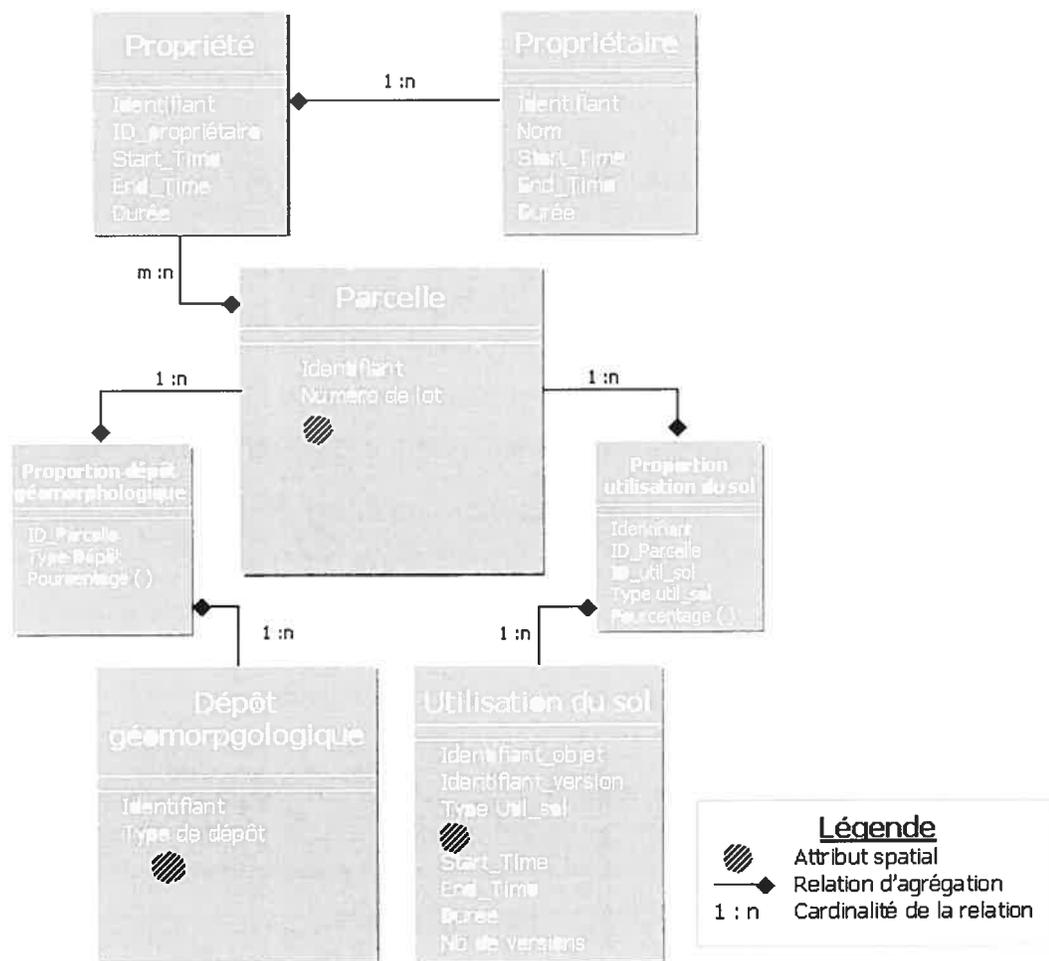


Figure 7: Modèle de données orienté-objet

Le propriétaire possède aussi des attributs temporels en plus d'un identifiant et d'un champ *Nom*. Du fait qu'un propriétaire peut posséder plusieurs propriétés, la valeur que l'attribut *Start_time* peut prendre correspond au moment auquel il achète sa première propriété et le *End_time* à celui où il vend sa dernière. La période qui s'étend entre ces deux valeurs est égale à la *Durée*. Le champ de jointure correspond aux identifiants des propriétés appartenant à un propriétaire.

La classe d'objet *Dépôts géomorphologique* comprend les attributs spatiaux reliés aux dépôts géomorphologiques. Elle possède aussi des attributs *Identifiant* et *Type de dépôt*. Les classes d'objets *Parcelle* et *Dépôts géomorphologique* sont reliées par une relation de jointure établie à travers une troisième classe (*Proportion Dépôts géomorphologique*). La classe d'objet *Proportion Dépôts géomorphologique* contient une méthode qui calcule la proportion de couverture d'un type de dépôt géomorphologique sur une parcelle.

La relation de jointure entre les classes d'objets *Utilisation du sol* et *Parcelle* est aussi à travers une troisième classe (*Proportion Utilisation du sol*). Elle permet de calculer, à l'aide d'une méthode contenue dans la classe intermédiaire, la proportion de couverture d'un type d'utilisation du sol sur une parcelle. L'attribut spatial est présent à l'intérieur de la classe *Utilisation du sol*. Chaque polygone d'utilisation du sol d'un instantané (carte d'utilisation du sol pour une année précise) correspond à une entité de la base de données. Chacune de ces entités possède un identifiant. Une caractéristique de la classe d'objet *Utilisation du sol* est que ses objets peuvent évoluer dans le temps. Une version correspond ainsi à un état de l'objet pour une carte d'utilisation du sol. Ainsi, la classe d'objet *Utilisation du sol* possède deux attributs d'identification : un pour l'objet et un pour la version. Elle comprend aussi des attributs pour le type d'utilisation du sol, le nombre de versions par objet et des attributs temporels. La valeur du

Start_time est égale à l'année à laquelle un objet d'utilisation du sol apparaît et le *End_time* à laquelle il disparaît. Ainsi, il est possible d'étudier l'évolution de l'utilisation du sol dans le temps et cela pour chaque parcelle d'utilisation du sol. Un attribut *Durée* permet de connaître la durée de «vie» d'un objet.

Le modèle développé permet de relier des variables dans le but de représenter une dynamique de changements. L'utilisation du sol est mise en relation avec les propriétés, les propriétaires, le cadastre (classe d'objet *Parcelle*) et les dépôts géomorphologique. L'intégration de données à l'intérieur de ce modèle crée une base de données spatio-temporelle. Avant de créer cette base de données, une étape d'estampillage temporel des données était nécessaire avant l'importation des données.

3.3.2 Estampillage temporel

Les tables DBase des fichiers Arc View d'utilisation du sol ont été modifiées dans le but d'y ajouter une date de début et une date de fin pour tous les polygones (estampillage temporel). Pour ce faire, une carte espace-temps composé (Langran et Chrisman, 1988) a été créée en superposant les cinq couches d'utilisation du sol. Ainsi, il est possible de déterminer la date de création d'un polygone d'utilisation du sol et sa date de fin. Chaque polygone pour tous les instantanés d'utilisation du sol possède un identifiant unique. Un polygone encore présent sur la couche d'utilisation du sol pour la tranche d'années suivante possède l'identifiant de son polygone d'origine (Figure 8).

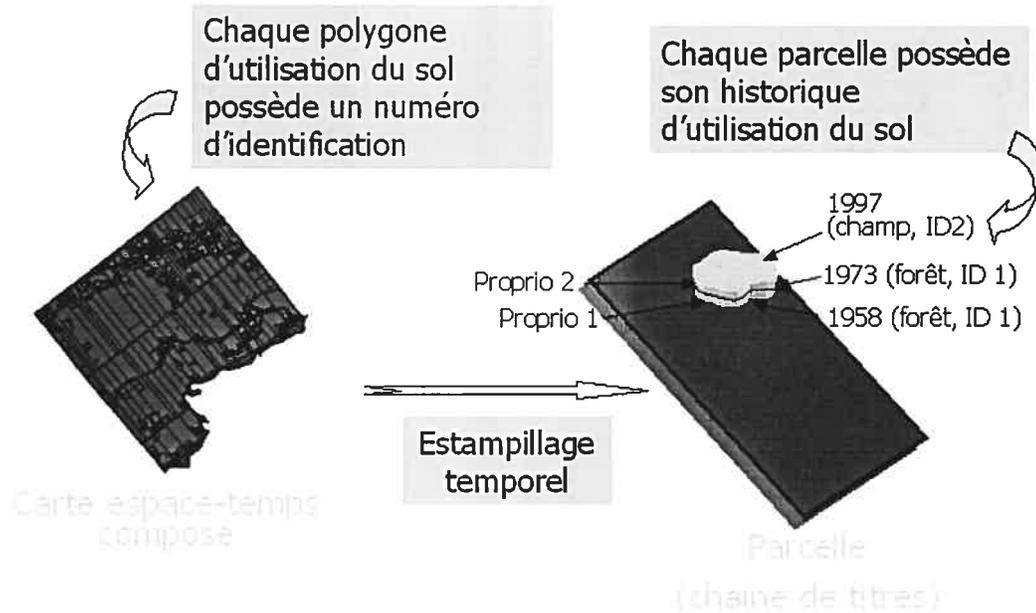


Figure 8: Estampillage temporel des polygones d'utilisations du sol à partir d'une carte espace-temps composé

3.3.3 Création d'une base de données spatio-temporelle

Cette étape correspond au peuplement du modèle avec les données pour créer une base de données spatio-temporelle. L'importation des données dans Smallworld GIS a été réalisée en deux étapes distinctes. Premièrement, les données textuelles (sans caractère spatial) et temporelles ont été transférées directement du logiciel Microsoft Access dans Smallworld GIS à l'aide d'une connexion ODBC (Open Data Base Connectivity). Les données spatiales ont été transférées de leur format original (Esri Shape file) à celui de Smallworld GIS à l'aide du logiciel FME 2000 (logiciel de transfert de données géoréférencées).

3.4 Méthodes d'analyse des données

Deux types d'analyse de données ont été retenus pour ce projet. Le premier correspond à effectuer des requêtes sur la base de données. Dans le but de comprendre les subtilités spatio-temporelles du phénomène, ces requêtes

contiennent trois éléments d'analyse : *quoi*, *quand* et *où*. Le tableau 2 présente les requêtes qui ont été appliquées à la base de données. Pour être en mesure d'effectuer des analyses temporelles, une extension du langage de requêtes fourni par Smallworld GIS a dû être intégrée. Cette extension correspond à une liste d'opérateurs temporels développée par Frihida (2001) et Frihida *et al.* (2004). Des tests de chi-deux ont été appliqués aux résultats des requêtes 3 à 6 dans le but d'analyser la relation entre les changements de propriétaire et les changements d'utilisation du sol. Deuxièmement, des analyses spatiales ont été effectuées sur les données dans le but d'étudier la structure du paysage. Une méthodologie spécifique a été appliquée pour procéder à ces analyses.

Requête 1	Quelles parcelles d'utilisation du sol de type 'a' pour l'années 'x' ont subi un changement d'utilisation du sol vers le type 'b' pour l'années 'y'?
Requête 2	Quelles parcelles cadastrales ont subi un changement de propriétaire entre l'année 'x' et l'année 'y'?
Requête 3	Quelles parcelles cadastrales ont subi un changement d'utilisation du sol ET un changement de propriétaire entre l'année 'x' et l'année 'y'?
Requête 4	Quelles parcelles cadastrales ont subi un changement d'utilisation du sol SANS un changement de propriétaire entre l'année 'x' et l'année 'y'?
Requête 5	Quelles parcelles cadastrales ont subi un changement de propriétaire SANS un changement d'utilisation du sol entre l'année 'x' et l'année 'y'?
Requête 6	Quelles parcelles cadastrales n'ont subi aucun changement entre l'année 'x' et l'année 'y'?
Requête 7	Pour chaque parcelle cadastrale ayant subi un changement d'utilisation du sol ET un changement de propriétaire, quel est le type de dépôt géomorphologique sous-jacent pour l'année 'x'?
Requête 8	Quelles parcelles cadastrales ont leur superficie couverte entre 'x'% et 'y'% d'un type de dépôt 'a' pour l'année 'z'?

Tableau 2: Requêtes spatio-temporelles appliquées à la base de données

3.4.1 Intégration d'opérateurs temporels

Smallworld GIS possède quelques spécifications du langage SQL (Structured Query Language 1992). Cependant, ce langage de requête de Smallworld GIS est limité à ce qui a trait au temps. Seule la fonction *Date* est disponible et ne permet que la recherche des objets qui possède une valeur égale à la date entrée par l'utilisateur. Cette fonction ne permet pas une analyse temporelle topologique. Ainsi, une extension du système de requête est requise pour intégrer des prédicats temporels et des prédicats

de position dans le temps. Les opérateurs temporels retenus correspondent à ceux présentés à la Figure 2 (du chapitre Mise en contexte et objectifs).

Pour implanter ces prédicats, une collection de méthodes, chacune correspondante à un opérateur temporel, a été intégrée à la librairie de classes du langage Magik de Smallworld GIS. Ces méthodes ont été additionnées sous forme d'extensions à la *data collection class* de la librairie de classes de Magik. De cette manière, les méthodes sont automatiquement héritées par les classes d'instance en exécution. Lorsque déclenchées par une requête, ces méthodes agissent au même titre qu'une requête relationnelle. Ces méthodes sont appelées directement à partir de l'interface de Magik. Cela permet de surpasser les limites imposées par le système de requête fourni par Smallworld GIS.

3.4.2 Analyse des processus spatiaux

Les analyses sur la structure du paysage ont pour but de déterminer les processus de structuration du paysage qui se sont exercés à Godmanchester au cours de la période d'étude. Pour procéder à ces analyses une grille d'interprétation conçue par Forman (Forman, 1995) a été adaptée à notre recherche (Figure 9). Cette grille permet d'identifier neuf processus différents en calculant quatre attributs spatiaux (nombre de parcelles, surface moyenne des parcelles, connectivité et longueur totale des frontières). Ces processus sont : la perforation, la dissection, la fragmentation, le rétrécissement, l'attrition, la fermeture, l'agrégation, l'excroissance et l'apparition.

Processus spatial		Nb de parcelles	Surface moyenne des parcelles	Connectivité	Longueur totale des frontières
Perforation		0	-	0	+
Dissection		+	-	-	+
Fragmentation		+	-	-	+
Retrécissement		0	-	0	-
Attrition		-	+	0	-
Fermeture		0	+	0	-
Agrégation		-	+	+	-
Excroissance		0	+	0	+
Apparition		+	-	0	+

Figure 9: Mesures des processus spatiaux de structuration du paysage (adapté de Forman, 1995)

La perforation correspond au processus pour lequel des ouvertures provoquent une hétérogénéisation du paysage. Un bon exemple de perforation est celui d'une coupe à blanc. La dissection est caractérisée par la division d'une aire homogène par des lignes d'égale largeur. Par exemple, la construction d'une route sépare un champ en deux. La fragmentation divise un habitat ou une parcelle en de plus petites entités. Ces entités résultantes sont de différentes grosseurs et généralement dispersées non-uniformément. La dissection peut être considérée comme un cas spécial de fragmentation, car les deux processus se distinguent seulement par la nature de leur élément séparateur. Par contre, leurs effets sur l'habitat sont semblables. L'attrition correspond à la situation où un processus de rétrécissement persiste jusqu'à la disparition de l'objet (Forman, 1995).

Les quatre derniers processus spatiaux représentent les dynamiques contraires aux cinq premiers. La fermeture correspond à l'opposé de la perforation. Les processus de dissection et de fragmentation se distinguant par leurs éléments séparateurs, les deux ne forment qu'un seul processus d'agrégation. Le processus contraire du rétrécissement est l'excroissance et celui de l'attrition, l'apparition.

L'application de la grille est assez simple. Pour déterminer le processus en cours, il faut tout d'abord quantifier les attributs spatiaux pour deux années différentes. Ensuite, il faut calculer si la valeur d'un attribut augmente, reste stable ou diminue avec le temps. Ces résultats, lorsque reportés dans la grille, permettent de déterminer le processus en cause.

Les mesures des attributs spatiaux de structuration du paysage ont été calculées à l'aide du logiciel FRAGSTAT (McGarigal et Marks, 1995) et cela pour chacune des cartes d'utilisation du sol.

4 Résultats et interprétation

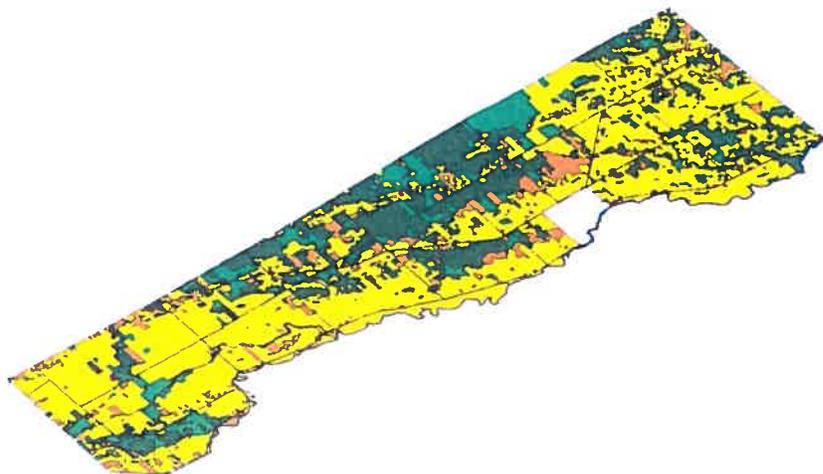
Les requêtes appliquées à la base de données spatio-temporelle ont permis l'extraction d'un grand nombre d'informations qui permettent d'étudier la dynamique du territoire au cours de la période d'étude s'étendant de 1958 à 1992.

Ce chapitre est composé de cinq sections qui correspondent respectivement aux questions de recherche. En premier lieu, les résultats de la dynamique de l'utilisation du sol et des processus spatiaux qui permettent de synthétiser l'évolution du territoire sont décrits, suivis des résultats de la dynamique des changements de propriétaires. Ensuite, les résultats sur la relation entre les changements d'utilisation du sol et les changements de propriétaires sont présentés et analysés. Finalement, l'influence des dépôts de surface sur les changements d'utilisation du sol et les changements de propriétaires est établie.

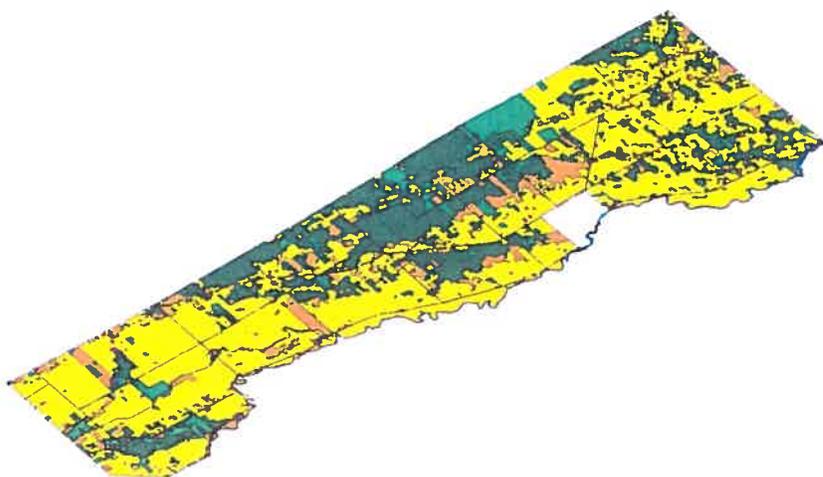
4.1 Quelle est la dynamique des changements d'utilisation du sol?

La dynamique de l'utilisation du sol sur le territoire de Godmanchester a été analysée dans une étude antérieure, mais pour une section restreinte de la municipalité (Pan *et al.*, 1999). Les résultats présentés dans ce chapitre couvrent l'ensemble du territoire.

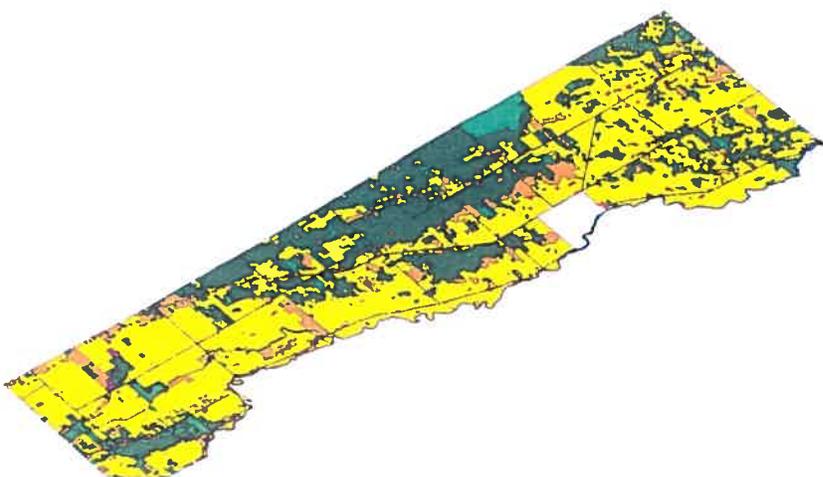
Le territoire de Godmanchester est à prédominance agricole. L'utilisation du sol de type *Champ* est demeuré stable au cours de la période d'étude; elle représente près de 60% de la superficie totale de la municipalité et correspond à la matrice de fond du paysage (figures 10 et 11). Le deuxième type d'utilisation du sol en terme de superficie est la forêt. La proportion de forêt est passée de 19,24% à 28,57% entre 1958 et 1992. Un regroupement de parcelles de forêts entremêlées de parcelles de friches est localisé au centre-nord de la municipalité. Un même assemblage, bien que moins étendu, est situé au sud-ouest de la municipalité. Quant aux proportions de friche et de pâturage, elles ont chuté de 6,57% et 4,48% respectivement pour la même période. Finalement, la région connaît un développement résidentiel qui prend de l'ampleur à partir de 1973 bien que ce développement ne corresponde qu'à une faible proportion du territoire. La superficie totale des parcelles de type *Bâti* est passé de 1,05% (en 1973) à 1,66% (en 1992), ce qui correspond à une augmentation de plus de 50%.



1958



1965



1973

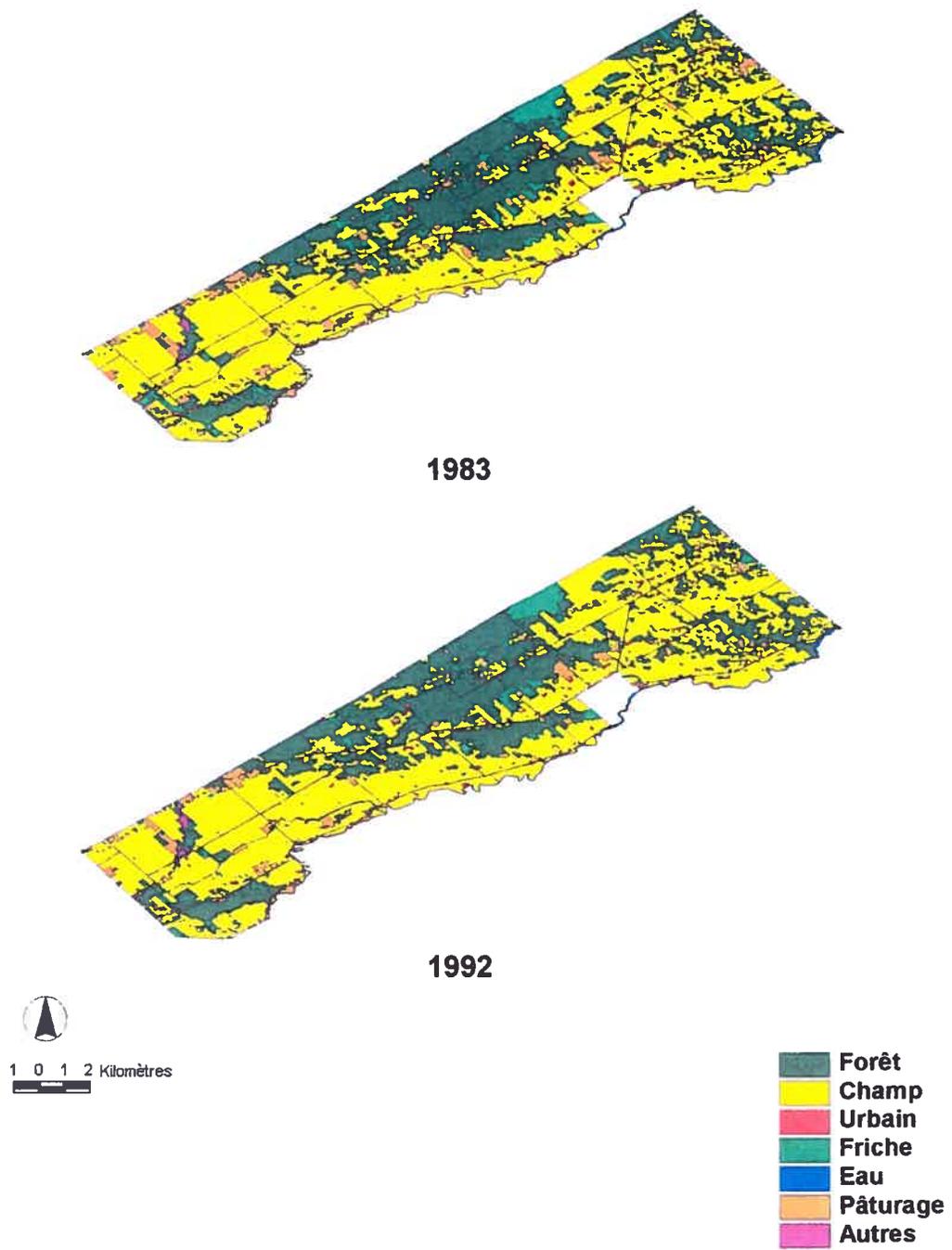
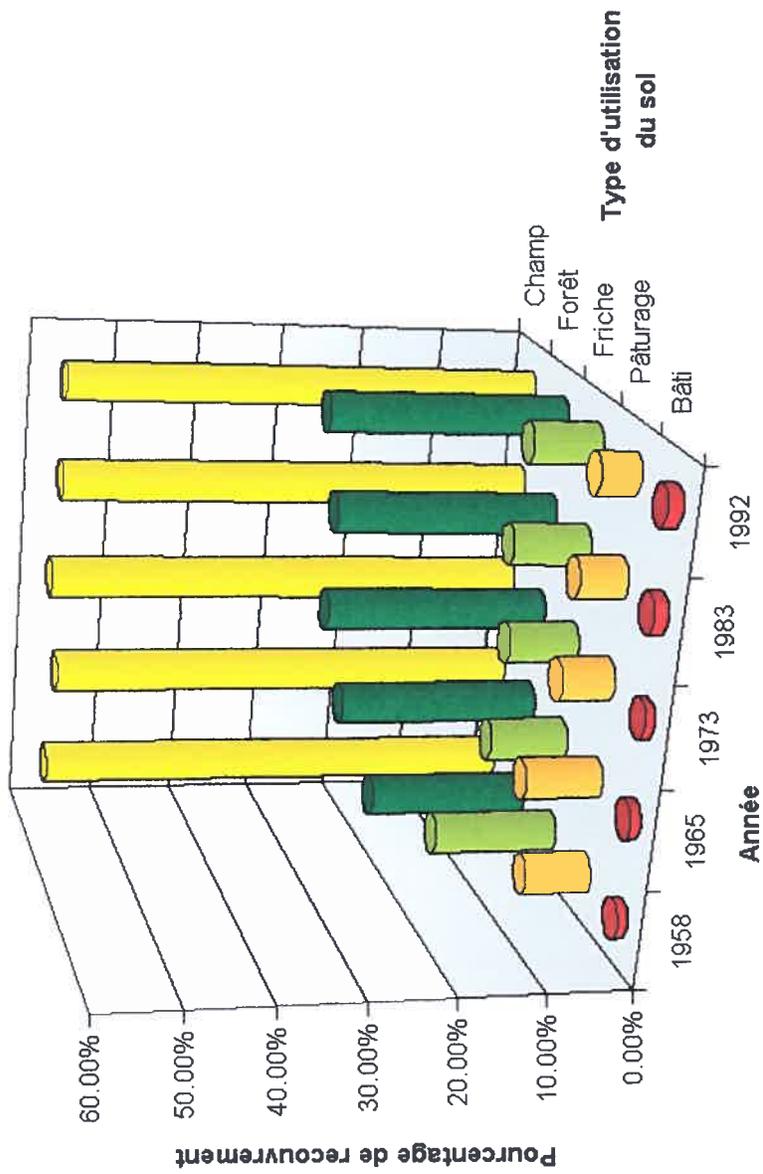


Figure 10 : Utilisation du sol de Godmanchester entre 1958 et 1992



	1958	1965	1973	1983	1992
Bâti	1.17%	1.20%	1.05%	1.57%	1.66%
Pâturage	7.76%	9.10%	6.23%	5.64%	4.62%
Friche	14.83%	9.35%	8.43%	9.32%	8.26%
Forêt	19.24%	24.05%	26.86%	26.72%	28.57%
Champ	57.00%	56.30%	57.43%	56.76%	56.89%

Figure 11: Proportions d'utilisation du sol de Godmanchester (1958 - 1992)

La figure 12 présente les séquences de changements d'utilisation du sol en terme de fréquences. Seules les fréquences les plus élevées sont présentées. Les types de séquences de changements sont très nombreux. La période entre 1973 et 1983 est particulièrement dynamique, contrairement à l'intervalle de temps suivant. La majorité des séquences retenues de 1973 à 1983 ont une fréquence de 50 ou plus alors que la majorité des séquences de 1983 à 1992 ont une fréquence de moins de 50.

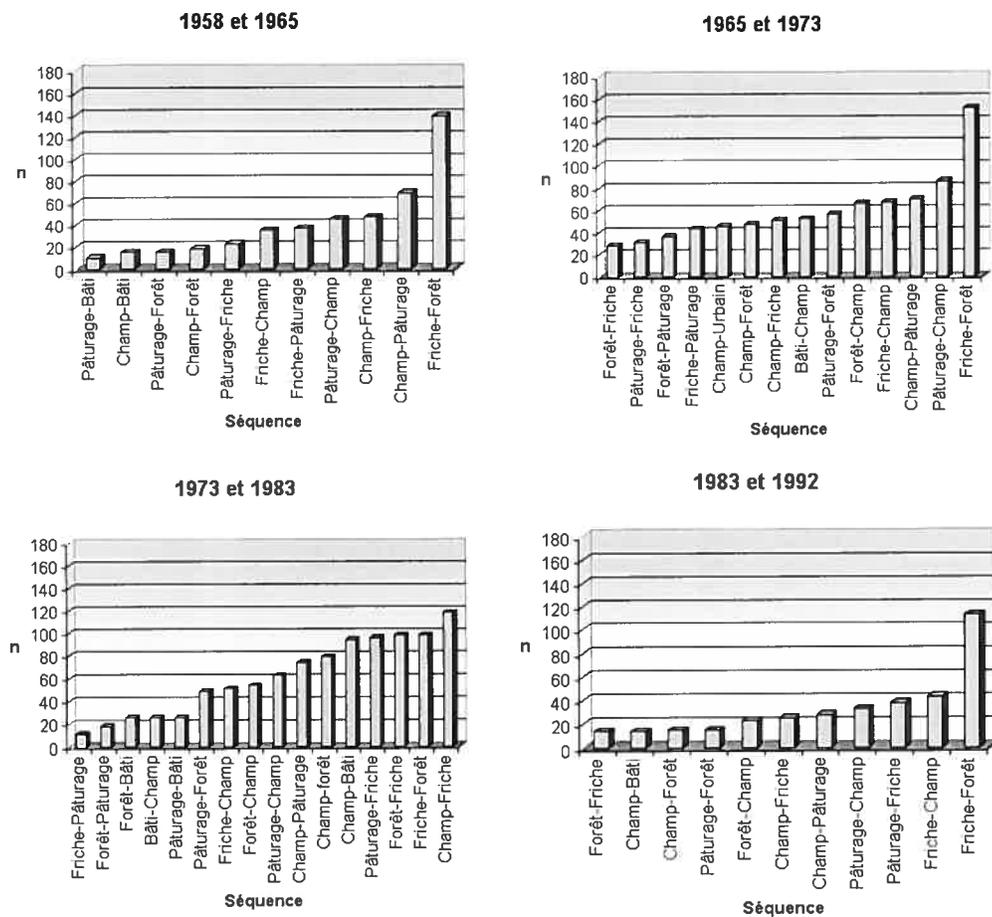


Figure 12: Fréquence des séquences de changements d'utilisation du sol (sans les parcelles stables).

La séquence de Friche à Forêt correspond à la dynamique majeure du territoire tout au long de la période d'étude (Figure 12). Effectivement, cette séquence se produit à une fréquence supérieure à 110 évènements par tranche d'années (à l'exception des années 1973-1983 pour lesquelles le nombre de changements est à la baisse). La forêt qui s'est développée sur la friche est principalement localisée au centre-nord du territoire (Figure 10). En 1973, ce secteur était presque entièrement recouvert de forêt. Au cours des dix années qui ont suivi, une ligne électrique à haute tension a été installée à cet endroit et a sectionné l'énorme zone presque homogène de forêt. La séquence friche-forêt se manifeste aussi au sud-est du territoire le long d'une route. La transformation de friche en forêt sur ce secteur est constante entre 1958 et 1992.

Les séquences Friche – Champ, Champ – Friche, Pâturage – Champ et Champ – Pâturage sont nombreuses au cours de la période d'étude (plus de 40 occurrences). Ce résultat montre qu'un grand dynamisme est présent sur le territoire et bien que la superficie totale des *Champs* demeure relativement stable entre 1958 et 1992 (Figure 11), ce type d'utilisation du sol subit des changements en terme de distribution et de structure. La séquence Champ – Friche présente une fréquence élevée entre 1973 et 1983. Cela peut s'expliquer par le fait que cette décennie a été marquée par des années économiques difficiles. Par manque de capital et de ressources, les agriculteurs auraient laissé certaines parties de leurs terres en friche.

La séquence Pâturage – Forêt présente aussi un nombre d'occurrences élevées tout au long de la période d'étude. Ainsi, la baisse en pourcentage de recouvrement du pâturage s'effectue à l'avantage de la forêt (Figure 11).

Autre résultat intéressant : l'évolution positive du type *Bâti*. Les constructions résidentielles, principalement établies sur les champs, connaissent une augmentation qui est observable à partir de 1973, mais

particulièrement importante en 1983. De plus, pour les années 1983 et 1992, une nouvelle dynamique de développement de type résidentiel est remarquée dans les endroits boisés. Évidemment, les parcelles de type *Bâti* sont localisées en majeure partie en bordure des routes. Nombreuses aussi sont celles à proximité des parcelles de pâturage. Bien que les développements observés au cours de la période d'étude soient, pour beaucoup, établis aux environs de Huntington (municipalité principale de la MRC) et le long de la rivière à la Truite et de la rivière Châteauguay, ces résultats vont à l'encontre des articles de la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles du Québec. Par contre, cette loi stipule qu'il est possible de construire un bâtiment de type résidentiel pour certaines situations bien précises, principalement lorsque l'occupation principale du demandant est reliée à l'agriculture.

Au cours de la tranche d'années 1965-1973, la séquence *Bâti* – *Champ* présente un nombre élevé de séquences (45). Ces résultats pourraient être dus à la démolition de plusieurs bâtiments désuets reliés à l'exploitation agricole.

Comme mentionné plus haut, la tranche d'année 1973-1983 est caractérisée par un nombre élevé de changements. Mais elle se démarque aussi par des tendances de séquences qui diffèrent des autres années. De fait, la séquence *Friche-Forêt* est devancée par une séquence de champ vers les friches. Une séquence *Forêt-Friche* présente aussi un nombre d'occurrences élevé. Ainsi, de nombreuses parcelles de forêts auraient fait l'objet d'une exploitation forestière peu après 1973.

La dynamique globale du territoire en terme d'utilisation du sol peut se résumer par une afforestation suivant une séquence évolutive de *Champ* – *Friche* – *Forêt* et par un développement de parcelles de type *Bâti*. Bien que la forêt et le bâti se développent sur des champs (indirectement par une

séquence de Friche pour ce qui a trait à la forêt), de nombreuses parcelles de friche et de pâturage et même de forêt sont transformées en champ. Ainsi, la superficie agricole est conservée au cours de la période d'étude, mais il y a restructuration de l'utilisation du sol sur le territoire.

4.2 Quels sont les processus qui ont forgé la structure du paysage?

Les données de la Figure 13 décrivent les résultats des mesures de quatre attributs spatiaux : la superficie moyenne, le nombre de parcelles, la longueur totale des frontières et la connectivité entre les parcelles. Les variations du nombre de parcelles diffèrent d'un type à l'autre. Les types *Forêt*, *Friche* et *Bâti* connaissent une augmentation entre 1958 et 1992. Par contre, le type *Bâti* subit une baisse entre les années 1965 - 1973. Période au cours de laquelle les champs connaissent une hausse de leur superficie moyenne. Cela a pu être engendré par la démolition de certains bâtiments désuets reliés à l'exploitation agricole. Entre les années 1965 et 1983, une baisse de la superficie moyenne est observable pour tous les types d'utilisation du sol excepté pour le type *Forêt*. Entre 1958 et 1992, la longueur totale des frontières diminue pour les types *Champs* et *Pâturage* et augmente pour la *Forêt* et le *Bâti*. Les résultats pour le type *Friche* fluctuent au cours des années. Les résultats pour les mesures de longueur totale des frontières de tous les types d'utilisation du sol sont cohérents avec ceux observés pour le nombre de parcelles. Ainsi, la complexité de la géométrie des parcelles d'utilisation du sol n'évolue que très peu et les fluctuations des mesures de la longueur totale des frontières sont reliées aux changements du nombre de parcelles.

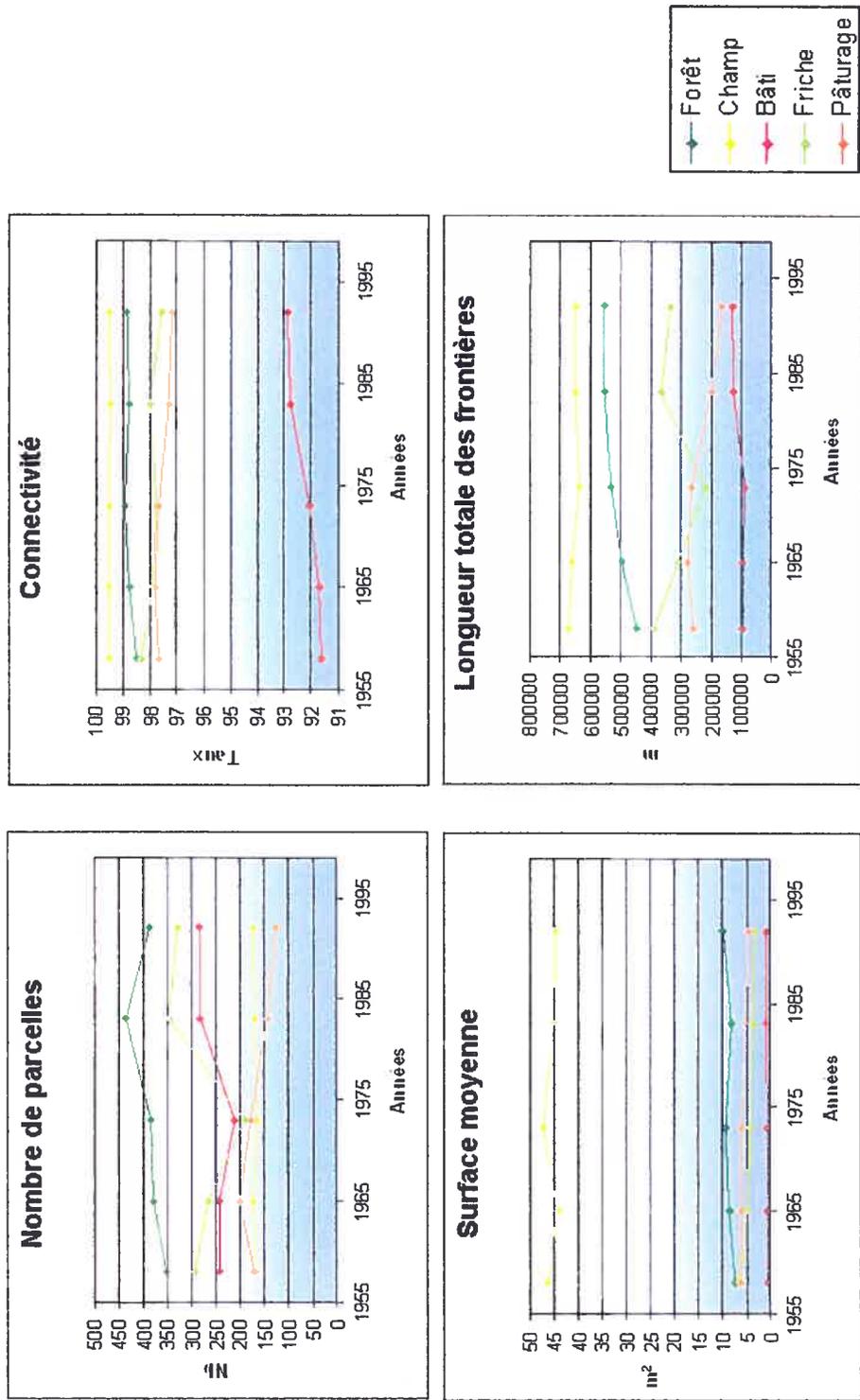


Figure 13: Mesures de quatre attributs spatiaux (la surface moyenne, le nombre de parcelles, la longueur totale des frontières et la connectivité entre les parcelles)

Pour l'ensemble de la période d'étude, la connectivité des parcelles de type Forêt augmente, ainsi que celle du type Bâti. Ce résultat supporte les observations précédentes (section 4.1) pour lesquelles le développement résidentiel était principalement concentré sur deux secteurs, soit autour de Huntington et aux abords de la rivière Chateauguay.

La Figure 14 montre les processus spatiaux qui ont eu cours entre 1958 et 1992. Les cases vides représentent les cas où aucun processus majeur n'est identifiable. Les flèches indiquent qu'il y a tout simplement augmentation ou diminution de surface pour une utilisation du sol.

	Forêt	Champ	Bâti	Friche	Pâturage
1958 – 1965	↑		Excroissance	↓	↑
1965 – 1973	↑	Attrition	Attrition	↓	Attrition
1973 – 1983	Apparition	Dissection	↑	Apparition	↓
1983 – 1992	Agrégation		↑	↓	↓
Total 1958 – 1992	↑	PERFORATION	↑		

Figure 14: Processus spatiaux qui ont déterminé la structure du paysage entre 1958 et 1992

La tendance principale est que la forêt prend de l'importance sur le territoire. Pour les années 1973 à 1983, un processus d'*apparition* est observable. Par contre, entre les années 1983 et 1992, le nombre de parcelles de forêt diminue, alors que la surface moyenne et la connectivité augmentent. Le processus en cours en est un d'agrégation. Celui-ci correspond à une période où des parcelles en excroissance se rejoignent pour n'en former

qu'une seule. Ceci indique qu'une étape d'afforestation caractériserait une grande partie de l'évolution du paysage.

L'évolution du couvert forestier observé tout au long de la période d'étude a nécessairement des répercussions sur le reste du territoire, particulièrement lorsqu'il suit un processus d'apparition. Les surfaces agricoles se performent peu à peu suite à l'évolution du couvert forestier et des parcelles de type « Bâti ». Par contre, en étudiant les processus par tranche d'années, des processus d'attrition et de dissection sont perceptibles sur l'ensemble du territoire. Le processus de dissection pour les années 1973 – 1983 concorde avec la mise en place d'une ligne électrique à haute tension. Le phénomène d'attrition démontre que la diminution en superficie de l'utilisation du sol de type *Champ* affecte principalement les petites parcelles du même type.

Le développement du *Bâti* au cours de la période d'étude est positif et ne suit pas de processus précis à l'exception d'une faible excroissance entre 1958 et 1965. Par contre, un phénomène d'attrition se produit lors de la tranche d'années suivante, celle de 1965 – 1973. La diminution de parcelles de types *Bâti* peut sembler étrange *a priori*, mais peut s'expliquer par la destruction de vieilles infrastructures pour laisser place à l'exploitation céréalière. Effectivement, ces parcelles qui subissent un changement sont transformées, pour la majorité, en champ.

Sur la région d'étude, la friche est en constante diminution, à l'exception des années 1973 – 1983 pour lesquelles un processus d'apparition est lié à la construction de la ligne électrique à haute tension. L'utilisation du sol de type *Champ* est le seul pour lequel un processus spatial d'évolution est attribuable pour l'ensemble de la période d'étude. Il suit un processus de perforation.

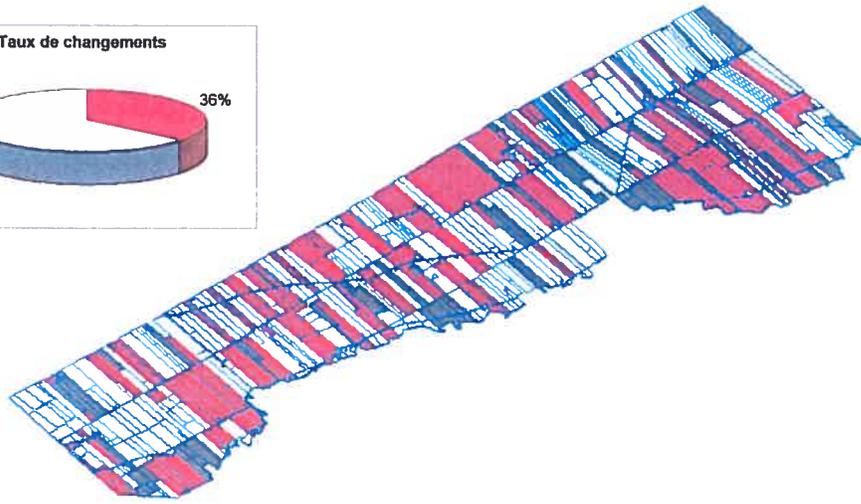
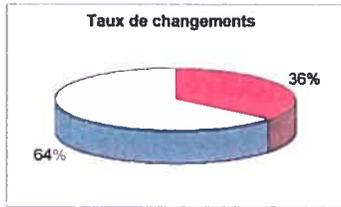
4.3 Quelle est la dynamique des changements de propriétaires?

La figure 15 montre les parcelles qui ont subi un changement de propriétaire (en rouge) entre deux années correspondantes à des données sur l'utilisation du sol. Résultant de la méthode de mise à jour des titres⁵, certaines délimitations des limites spatiales d'anciennes propriétés n'ont pu être reconstituées. Approximativement, 14% du territoire à l'étude a dû être éliminé (parcelles en gris). Les limites des propriétés ont été superposées à des cartes de changements de propriétaires pour vérifier si ces changements ont pour but de restructurer les limites d'une propriété (vente de parcelle unique) ou si la propriété au complet change de main. Les transactions de propriétés au cours de la période d'étude sont très nombreuses. Le taux de changement est supérieur à 36% pour toutes les tranches d'années. La période 1973 – 1983 connaît le plus haut taux d'alternance de propriétaires (50% de changement). De plus, presque l'ensemble de la municipalité a connu un changement de propriétaire entre 1958 et 1992. Il est aussi intéressant de remarquer que les propriétés vendues entre 1983 et 1992 correspondent grossièrement à celles non-vendues entre 1958 et 1965. Par contre, les données ne sont pas assez nombreuses pour être en mesure d'en déduire un cycle. En général, les parcelles qui demeurent non-vendues au cours de la période d'étude sont de petites superficies et pour la majorité d'entre elles, un bâtiment (parcelle de type *bâti*) s'y retrouve.

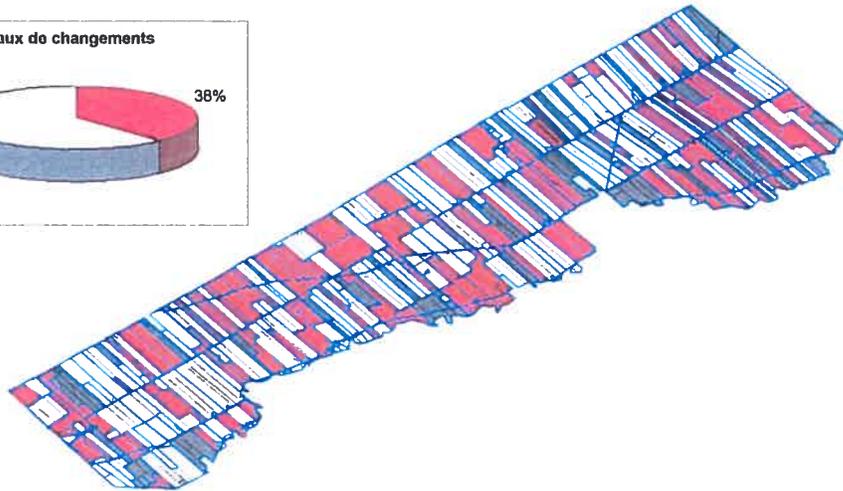
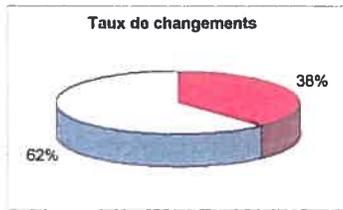
Deux types de ventes peuvent survenir : celle d'une propriété entière et celle d'une (ou plusieurs) parcelle. Les résultats montrent que les ventes affectent, dans la majorité des cas, des propriétés en entier et qu'il y a

⁵ Dans les bureaux de publicité des titres du Québec, les mises à jour des données en est une par écrasement. Les anciennes données sont remplacées par les nouvelles données. Il en résulte ainsi une grande perte d'information historique.

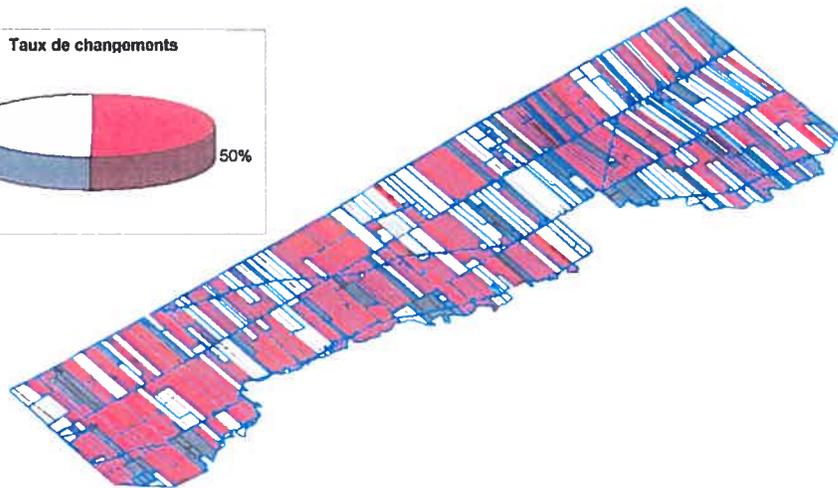
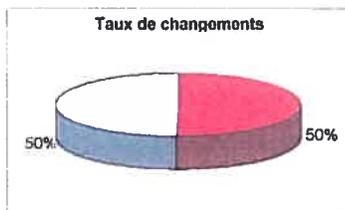
même souvent vente de propriétés adjacentes. La vente d'une parcelle seule est très rare et les cas observés se sont surtout produits entre 1973 et 1983. Cette fragmentation s'est probablement effectuée entre 1973 et 1979 étant donné l'adoption de Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles du Québec en décembre 1978.



1958-1965



1965-1973



1973-1983

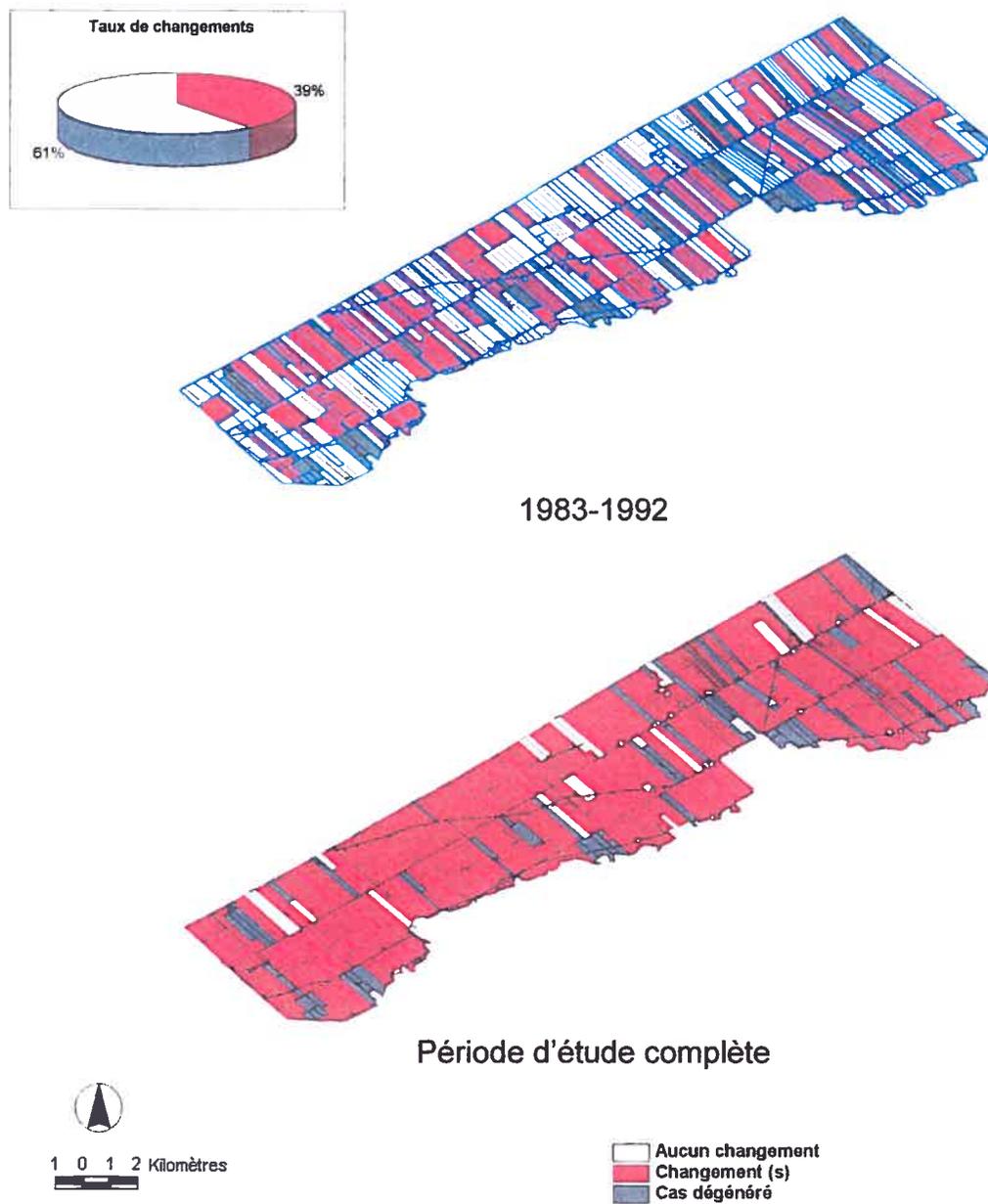
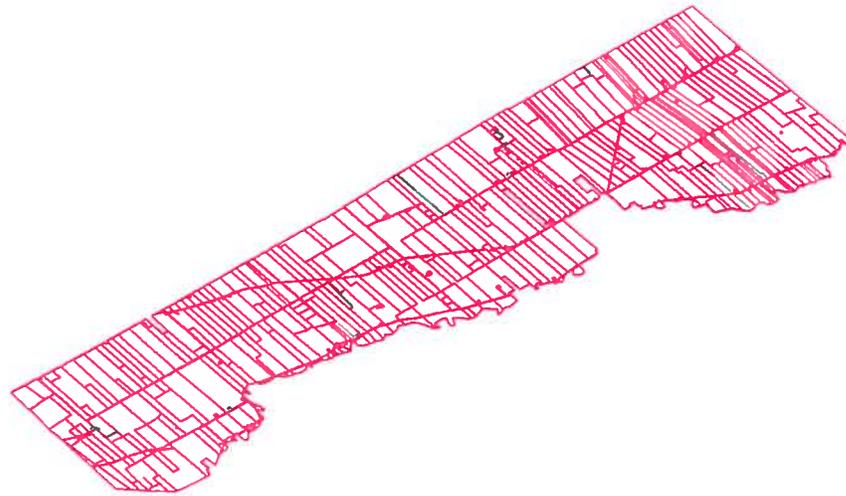


Figure 15 : Changements de propriétaire en relation avec la limite des propriétés

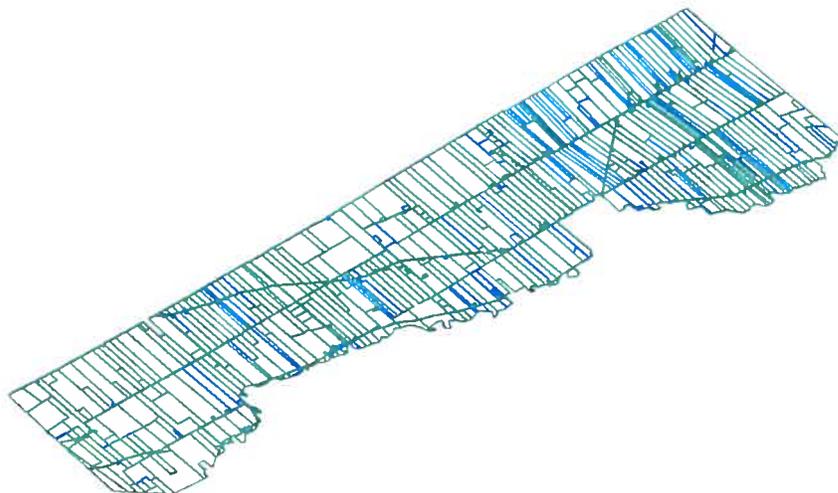
Pour ce qui est de la distribution spatiale des propriétés vendues, il n'y a pas de patron spatial évident. Par contre, une propriété vendue au cours d'une tranche d'années a tendance à être stable au cours de la suivante. Ainsi, les propriétés présenteraient une stabilité en terme de propriétaire d'au moins 15 ans.

Néanmoins, ces changements de propriété ont provoqué une certaine fragmentation du territoire (Figure 16). Au cours de la période d'étude, les fragmentations affectent principalement le secteur Est de la municipalité. Beaucoup de fragmentations ont eu lieu entre 1965 et 1983. Cette augmentation de transactions peut être directement reliée à la mise en vigueur de la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles du Québec à la fin de 1978. L'application de cette loi est manifeste sur la carte de fragmentation des propriétés (1983-1992). Effectivement, très peu de divisions se sont produites au cours de cette période et celles qui ont tout de même eu lieu ont affectées de petites superficies, très probablement vouées à une utilisation du sol de type *Bâti*.



1958-1965

Limite des propriétés : — 1958
— 1965



1965-1973

Limite des propriétés : — 1965
— 1973

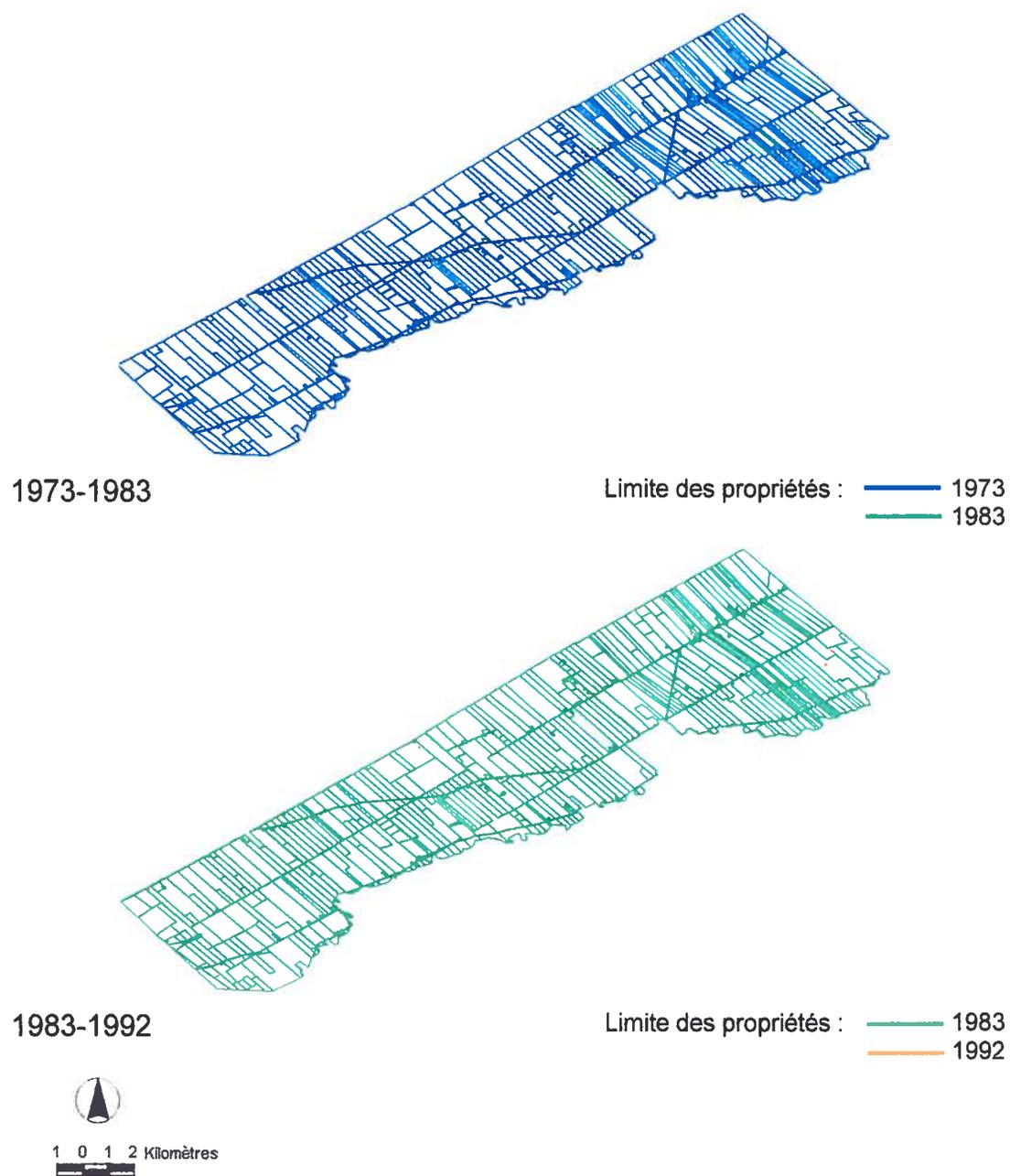


Figure 16: Fragmentation des propriétés (1958 - 1965)

La comparaison de l'évolution du nombre de propriétaires et de l'évolution du nombre de propriétés entre 1958 et 1992 permet d'évaluer démographiquement les transferts et la fragmentation des propriétés (Figure 17). Rappelons qu'une propriété correspond à un groupe de parcelles adjacentes appartenant à un même propriétaire. Un propriétaire peut posséder plusieurs propriétés non-contigües. La figure 17 montre une faible augmentation du nombre de propriétés jusqu'en 1975 suivie d'une faible diminution. Par contre, le nombre de propriétaires suit une pente positive considérable, tendance qui ne semble pas être affectée par l'adoption de la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles du Québec. Cela signifie donc que le nombre de propriétés par propriétaire a diminué au cours de la période d'étude. Ainsi, la fragmentation des propriétés observées est liée à la hausse du nombre de propriétaires.

Ces résultats doivent être interprétés en tenant compte des articles de la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles du Québec. Cette loi a pour but d'empêcher la fragmentation des territoires agricoles. La subdivision d'une propriété ou la construction d'un bâtiment non-relié à l'exploitation agricole ne peuvent être réalisées que pour certains cas très précis. Les résultats présentés ci-haut doivent nécessairement correspondre à ces cas. Par exemple, une municipalité régionale de comté ou une communauté peut soumettre une demande à la Commission pour déterminer dans quels cas et à quelles conditions de nouvelles utilisations du sol de type résidentiel pourraient être implantées en zone agricole.

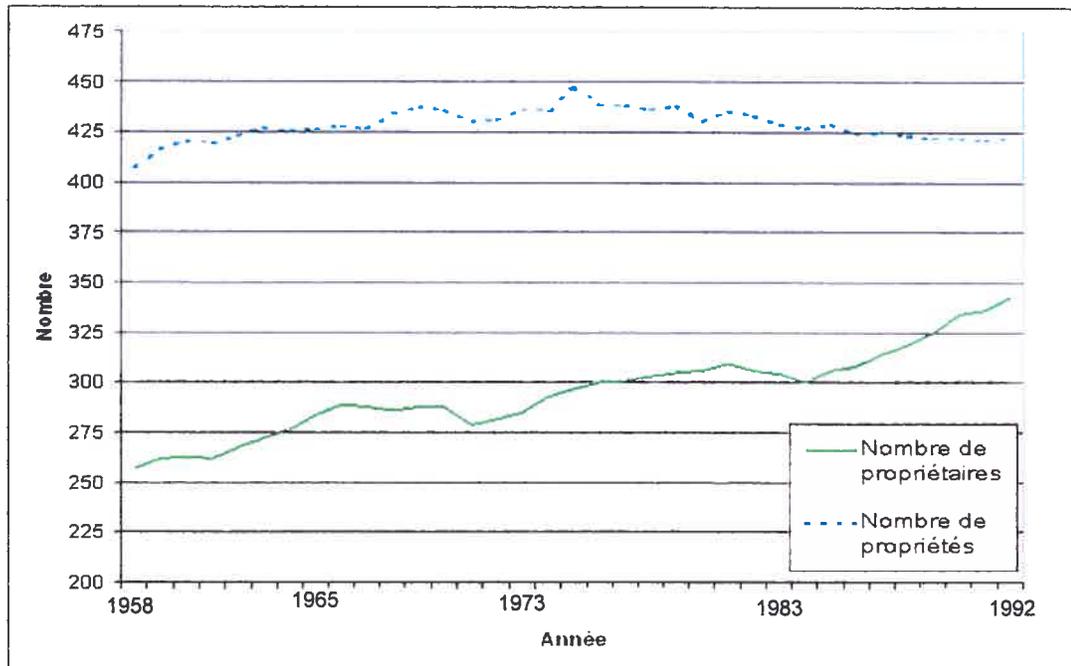


Figure 17: Évolution du nombre de propriétaires et du nombre de propriétés entre 1958 et 1992

Dans le but d'analyser ce phénomène plus en profondeur, trois autres tendances quantitatives ont été ajoutées aux données sur le nombre de propriétaires: la surface moyenne des propriétés, le nombre de parcelles de type *Bâti* et le nombre de parcelles de superficie correspondant à une parcelle de type *Bâti* (Figure 18). En plus de l'augmentation du nombre de propriétaires, on observe aussi une augmentation du nombre de parcelles de type *Bâti* ainsi que du nombre de parcelles de superficie inférieure à $0,026 \text{ km}^2$ (valeur qui correspond à la superficie d'une parcelle uniquement destinée à être résidentielle). Par contre, la surface moyenne de propriétés diminue au cours des années. Cette figure suggère que le phénomène de fragmentation décrit dans les paragraphes précédents serait en partie le résultat de l'arrivée de propriétaires non reliés directement à l'exploitation des terres qui se sont établis dans une zone autour de Huntington et aux abords de la rivière Châteauguay, ce secteur étant à vocation résidentielle.

Le nombre de changements de propriétaires fait état du grand dynamisme du territoire étudié. La loi sur le zonage agricole semble avoir provoqué une augmentation des ventes juste avant son application. De plus, les résultats montrent que le territoire s'est fragmenté au cours de la période d'étude et que ce processus serait relié à une hausse de propriétaires non directement reliés à l'agriculture.

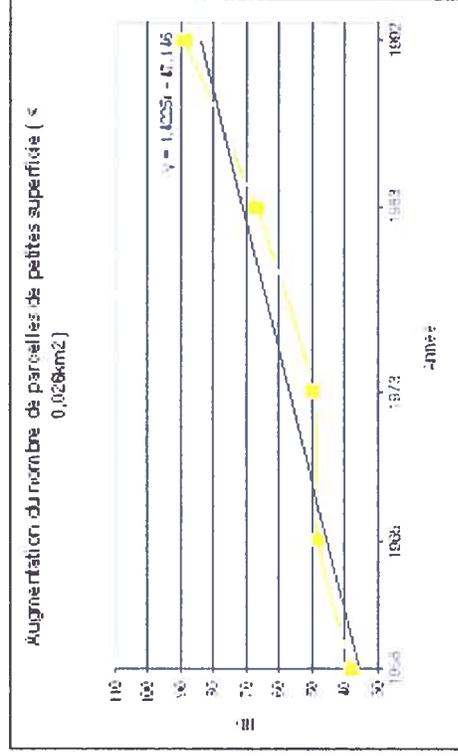
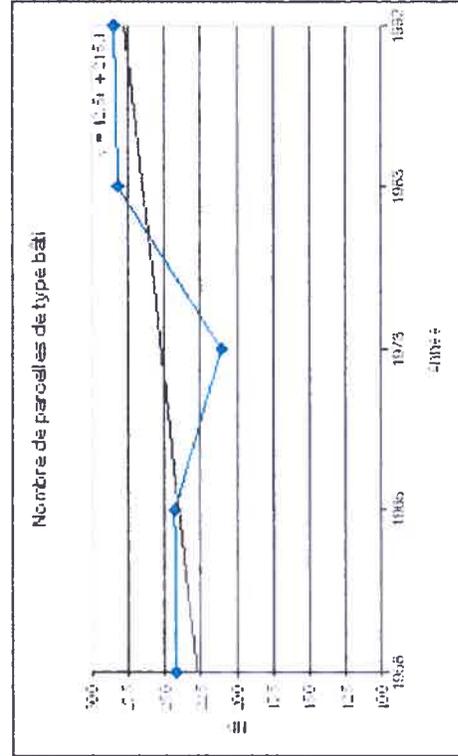
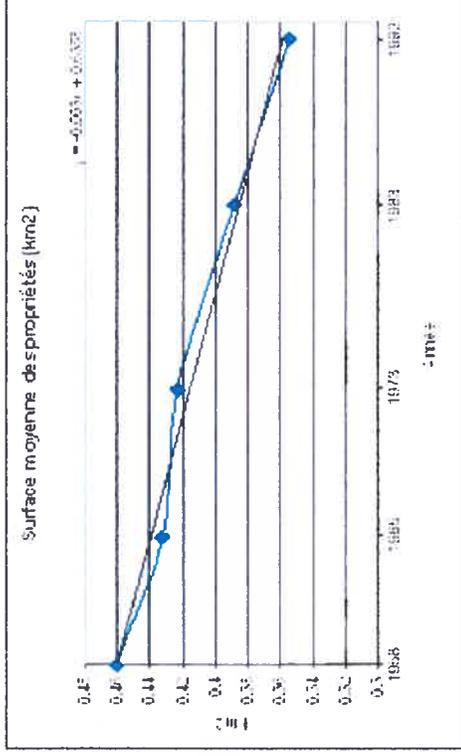
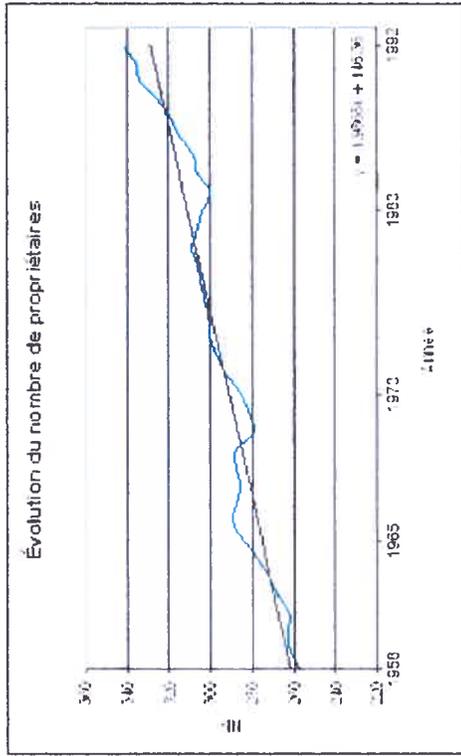


Figure 18: Tendances quantitatives des propriétés

4.4 Est-ce qu'un changement de propriétaire entraîne un changement d'utilisation du sol?

Des cartes montrant la concordance spatiale entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol ont été créées (figures 19 à 22). Elles sont le résultat d'une superposition entre des données de changements d'utilisation du sol et une carte de changements de propriétaires. Ainsi, la légende comporte quatre éléments décrivant des situations différentes : un changement d'utilisation du sol sans changement de propriétaire, un changement d'utilisation du sol suivant un changement de propriétaire, un changement de propriétaire sans changement d'utilisation du sol et, finalement, une parcelle stable, donc qui ne subit aucun changement.

Les données pour chacune de ces situations ont été compilées selon le nombre d'occurrences (tableau 3). Pour les tranches d'années 1958-1965 et 1965-1973, à l'exception de la stabilité (aucun changement), la situation qui se produit le plus souvent est celle d'un changement de propriétaire sans changement d'utilisation du sol. Entre 1973 et 1983, la dynamique est différente. Le nombre de parcelles qui connaissent un changement de propriétaire est supérieur au nombre de parcelles pour lesquelles aucun changement de propriétaire ne se produit. Il est à noter que la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles du Québec a été adoptée au cours de ces années. Pour les années 1983 et 1992, la dynamique est la même qu'entre 1958 et 1973, soit un nombre élevé de parcelles qui ne connaissent aucun changement et en deuxième lieu des changements de propriétaire sans changement d'utilisation du sol.

Une analyse de chi-carré a été appliquée à ces résultats dans le but de vérifier la relation entre les deux variables (tableau 4). En observant les résultats du test, on constate que pour la période d'étude, la distribution est

non-significative. Ainsi, nous n'observons pas de relation entre les changements de propriétaire et les changements d'utilisation du sol, et cela pour toutes les tranches d'années ($\alpha = 0,05$). Par contre, cela ne signifie pas non plus que le propriétaire n'a aucune influence sur l'utilisation du sol de sa propriété.

1958 - 1965				1965 - 1973			
Changement	Oui - Sol	Non - Sol	Total	Changement	Oui - Sol	Non - Sol	Total
Oui - proprio	201	1165	1366	Oui - Proprio	146	1282	1428
Non - proprio	274	1623	1897	Non - Proprio	169	1429	1598
Total	475	2788	3263	Total	315	2711	3026

1973 - 1983				1983 - 1992			
Changement	Oui - Sol	Non - Sol	Total	Changement	Oui - Sol	Non - Sol	Total
Oui - Proprio	416	1576	1992	Oui - Proprio	84	1400	1484
Non - Proprio	331	1098	1429	Non - Proprio	101	1777	1878
Total	747	2674	3421	Total	185	3177	3362

Tableau 3: Tableau de contingence sur les changements d'utilisation du sol et les changements de propriétaire

	Valeur calculée	Valeur critique*
1958–1965	0,047	3, 84
1965–1973	0,1	3, 84
1973–1983	2,533	3, 84
1983–1992	0,127	3, 84

* à un seuil de signification de $\alpha = 0,05$

Tableau 4: Test du Chi-carré pour la période de 1958 à 1992

Pour vérifier l'influence du propriétaire sur l'utilisation du sol de sa propriété, les pourcentages de superficie d'utilisation du sol résultants d'un changement d'utilisation du sol sans changement de propriétaire et avec changement de propriétaire ont été calculés (Figure 23). Les proportions d'utilisation du sol ont aussi été ajoutées au graphique pour situer le lecteur par rapport aux données de changements d'utilisation du sol (Figure 10 et Figure 11).

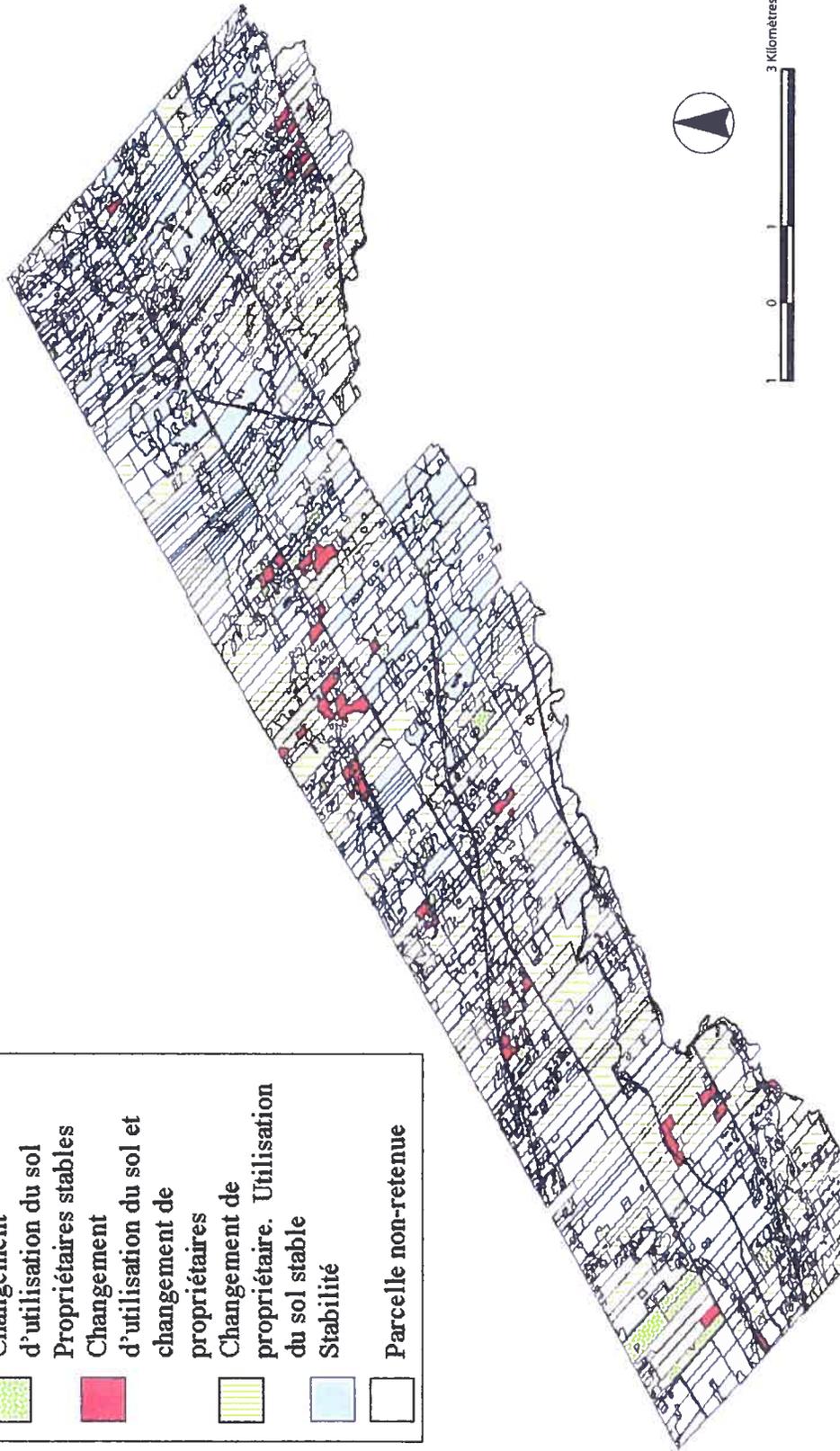
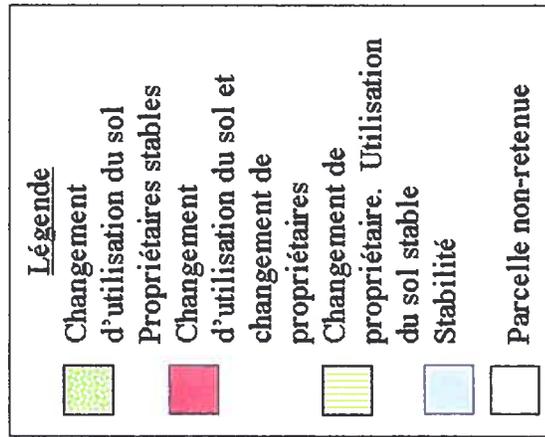


Figure 19: Relation entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol (1958 - 1965)

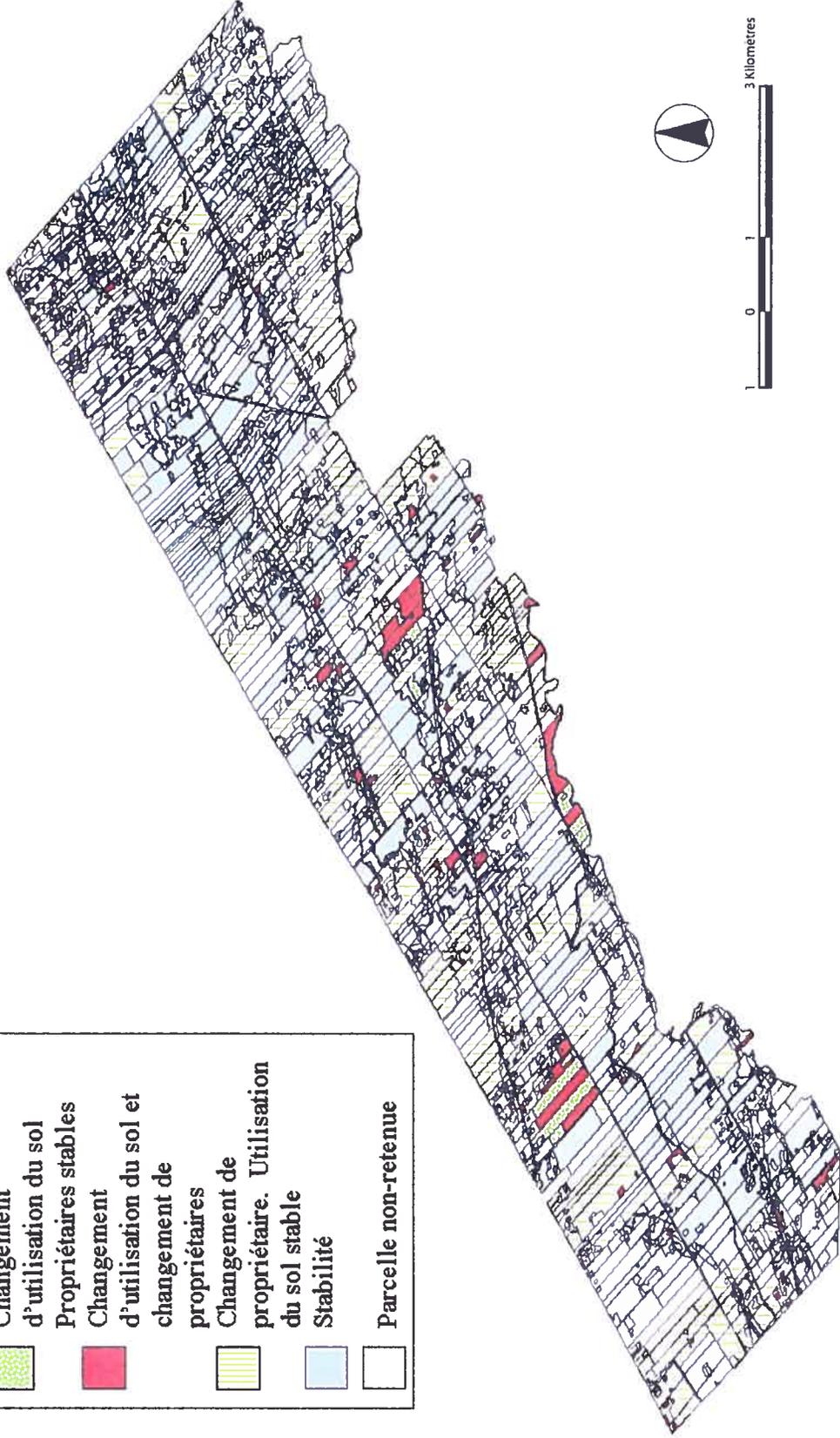
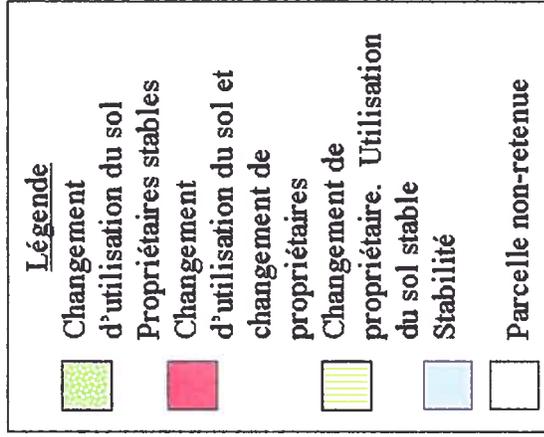


Figure 20: Relation entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol (1965 - 1973)

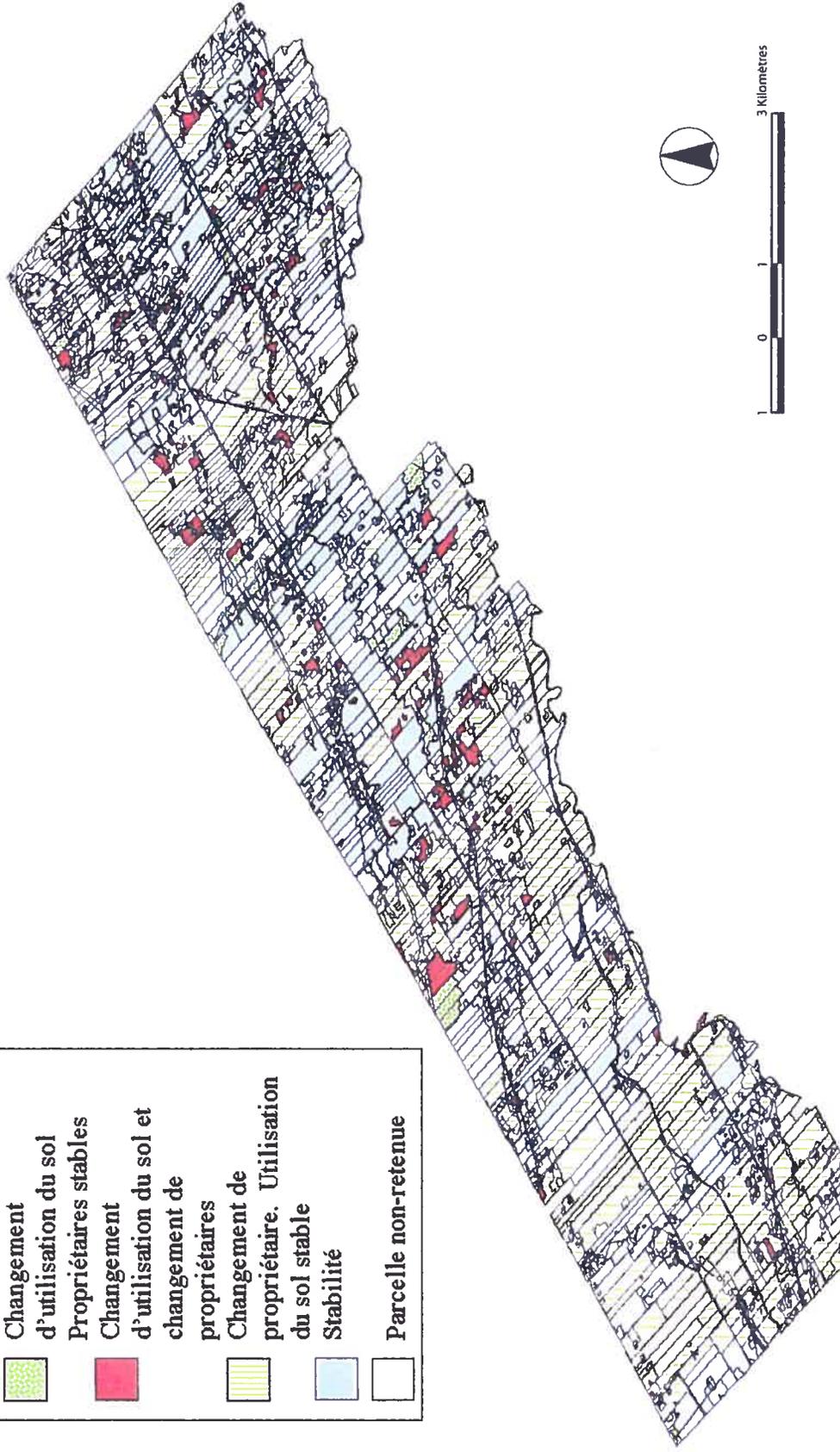
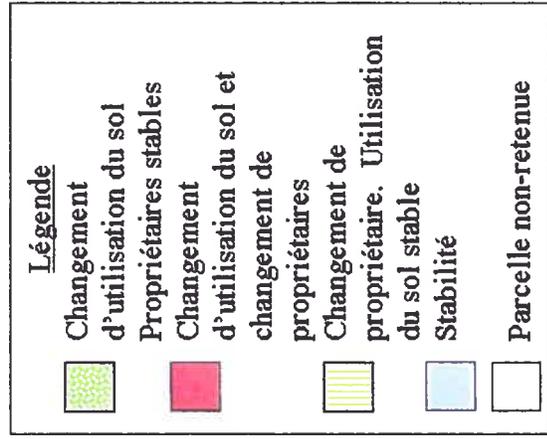


Figure 21: Relation entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol (1973 - 1983)

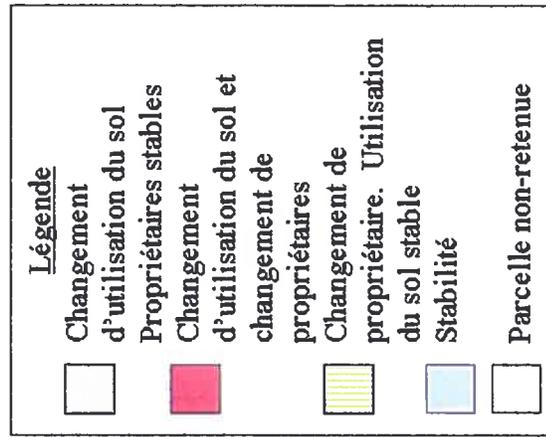
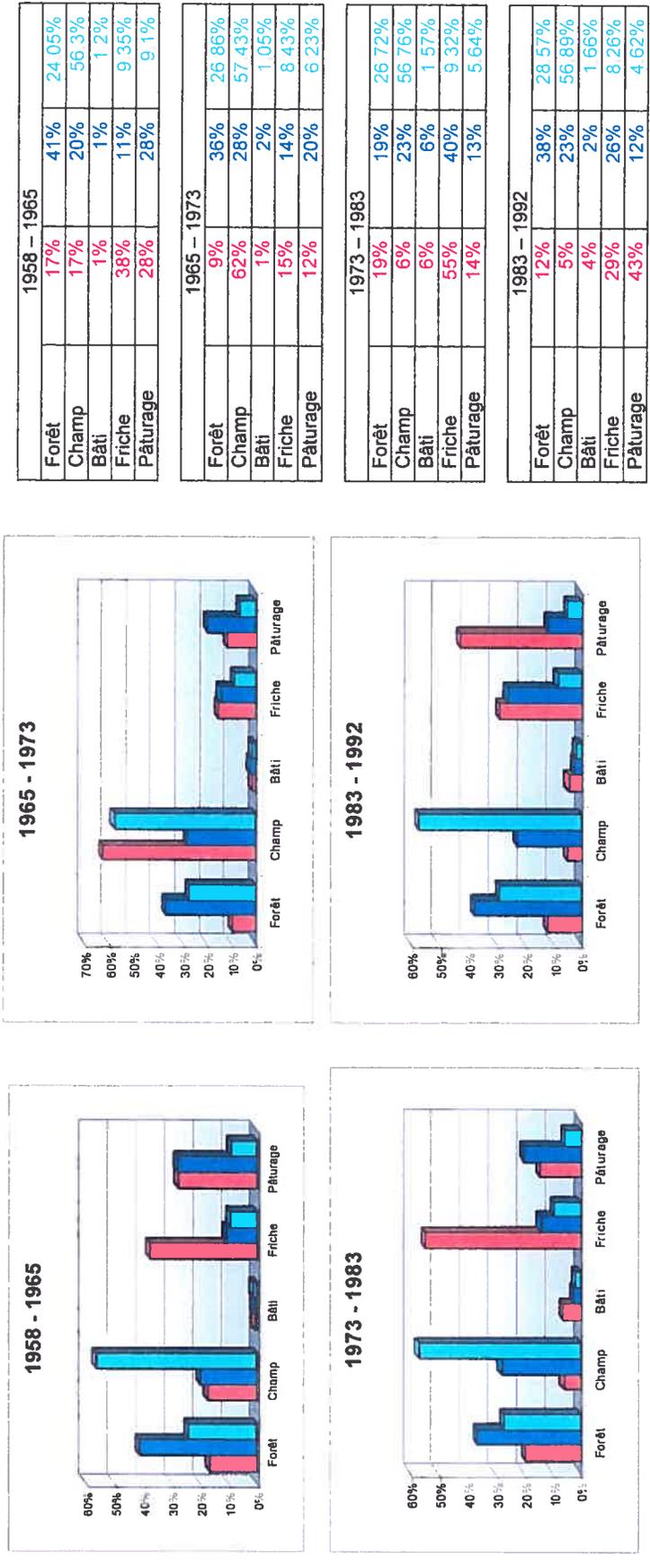


Figure 22: Relation entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol (1983 - 1992)



■ Superficie ayant connu un changement d'utilisation du sol suite à un changement de propriétaire (en %)
 ■ Superficie ayant connu un changement d'utilisation du sol sans changement de propriétaire (en %)
 ■ Superficie d'utilisation du sol de 1965 (pour le graphique 1958 - 1965), 1973 (pour le graphique 1965 - 1973), 1983 (pour le graphique 1973 - 1983), 1992 (pour le graphique 1983 - 1992) (en %)

Figure 23: Répartition de l'utilisation du sol selon le type de changement

Dans le cas où un changement de propriétaire n'aurait aucune influence sur l'évolution de l'utilisation du sol, les superficies d'utilisation du sol qui subissent un changement seraient égales avec ou sans changement de propriétaire. Or, les résultats diffèrent selon le type de changement (Figure 23). Dans un premier cas, les résultats qui ont trait au type d'utilisation du sol *Forêt* révèlent que l'expansion du couvert forestier ne semble pas être reliée à l'arrivée de nouveaux propriétaires. Les pourcentages de changements d'utilisation du sol vers la forêt sont plus élevés lorsqu'ils ne suivent pas un changement de propriétaire. Il en est de même pour les champs, pour lesquels la tendance est particulièrement forte pour les vingt dernières années de la période d'étude, à l'exception de la tranche d'années 1965-1973 pour laquelle un grand nombre de parcelles ont muté vers une utilisation du sol de type *Champ* suite à un changement de propriétaire. De plus, la proportion de changements vers le type d'utilisation du sol *Champ* résultant d'un changement de propriétaire est très faible à comparer à son importance sur le territoire. Par contre, la mise en friche correspond à la dynamique caractérisant le résultat d'un changement de propriétaire. Il est aussi intéressant de remarquer l'augmentation en proportion des parcelles de type *Bâti* suite à un changement de propriétaire, particulièrement à partir de la classe d'années 1973-1983.

Ainsi, un changement de propriétaire ne provoque pas nécessairement un changement d'utilisation du sol. Mais lorsque c'est le cas, son influence sur la nouvelle utilisation du sol est considérable. Les nouveaux propriétaires qui décident de modifier l'utilisation du sol de leur propriété choisissent majoritairement de laisser des sections de terre en friche ou, bien que le phénomène soit moins important, en pâturage. Effectivement, les changements d'utilisation du sol suite à un changement de propriétaire ne suivent pas les tendances globales de changements étudiées sur le territoire au cours de la période d'étude. Les changements globaux d'utilisation du

sol affectent principalement la forêt tandis que lorsqu'un changement de propriétaire est impliqué, l'utilisation de type *Bâti* et de type *Friche* augmente.

4.5 Quelle est l'influence des dépôts de surface sur la dynamique globale observée sur le territoire à l'étude?

Des études antérieures effectuées sur une portion du territoire de Godmanchester ont révélé l'influence des dépôts géomorphologiques sur les changements d'utilisation du sol (Pan *et al.*, 2000). Ces travaux ont démontré qu'à petite échelle, la dynamique des changements d'utilisation du sol est grandement déterminée par la distribution spatiale des dépôts marins et glaciaires. Les données sur les dépôts de surface permettent de vérifier l'influence de leur structure spatiale sur les changements d'utilisation du sol couplés aux changements de propriétaires.

En premier lieu, la distribution générale des dépôts de surface est présentée. Ensuite, l'influence des dépôts de surface sur les parcelles qui ont subi un changement d'utilisation du sol suite à un changement de propriétaire est décrite.

Le territoire est recouvert de plusieurs types de dépôts, mais est caractérisé par une forte proportion de dépôts de type marin (47,06%) et de dépôts glaciaires (35,6%). La géomorphologie résiduelle de type glaciaire se retrouve principalement dans la partie nord-est du territoire. L'ouest se distingue par un arc de dépôts provenant d'une fusion glaciaire. Le reste de la région est recouvert de dépôts marins (Figure 24 et Figure 25).

Les figures 26 et 27 décrivent une homogénéisation graduelle du territoire qui est déterminée par les dépôts géomorphologiques. La proportion de champs recouvrant des dépôts marins augmente de 1958 à 1992 et diminue sur les dépôts morainiques. Un déplacement contraire s'opère pour les forêts qui délaissent les dépôts marins pour se centrer de plus en plus sur la moraine.

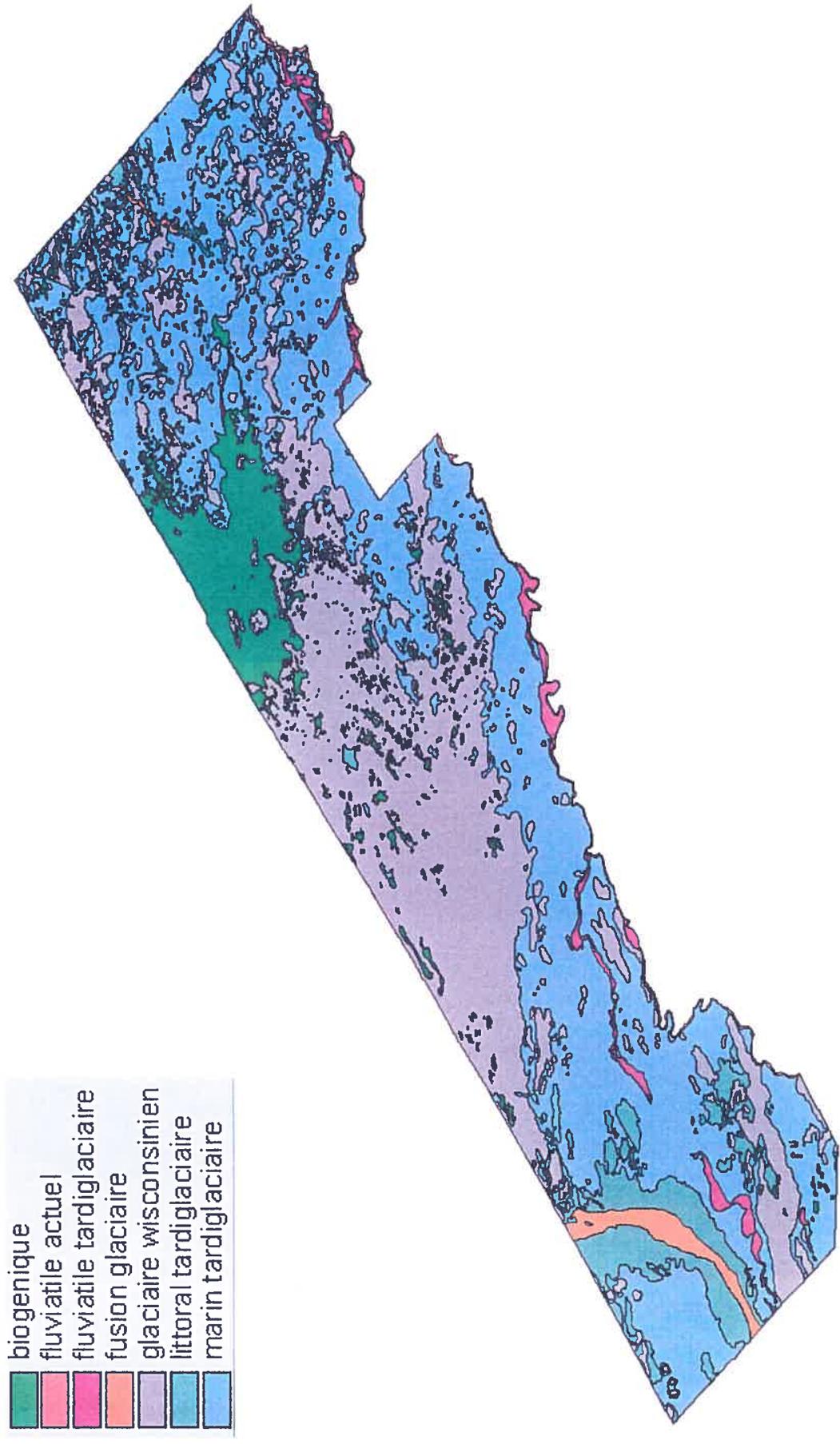


Figure 24: Carte des dépôts de surface

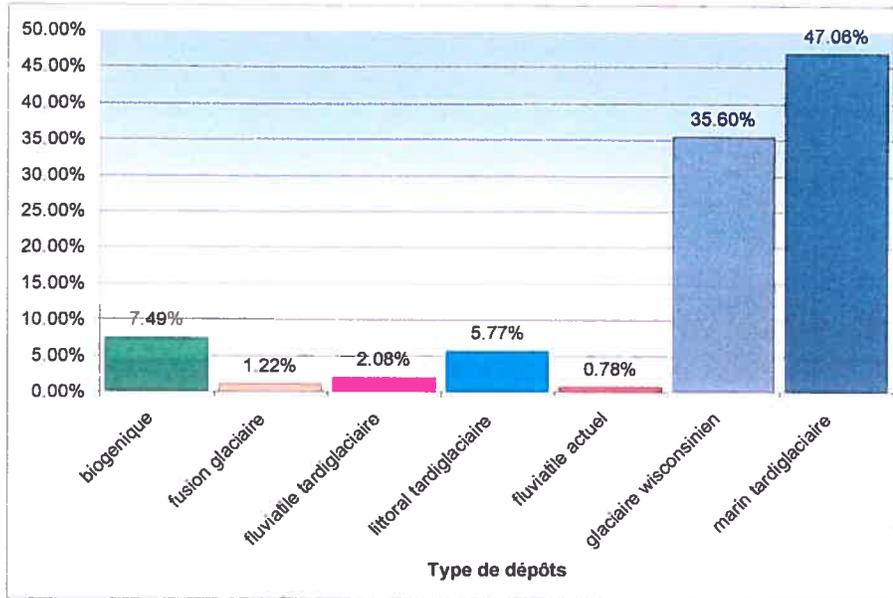


Figure 25: Proportion des dépôts de surface

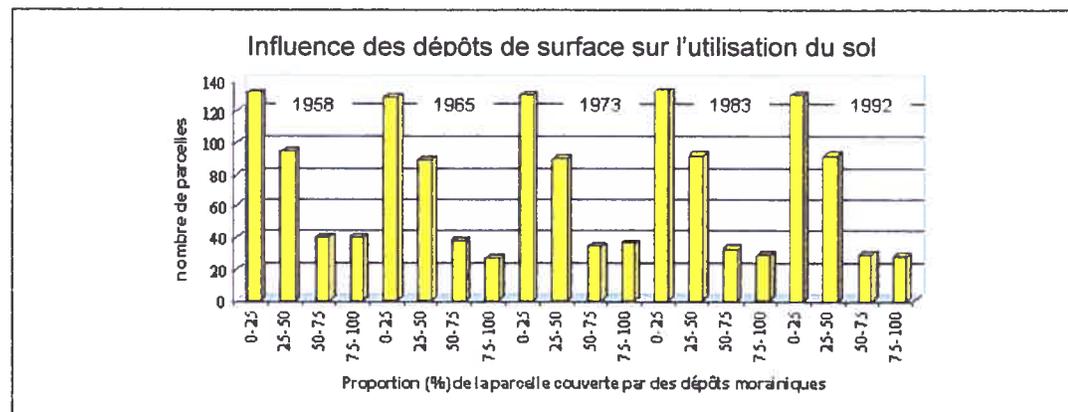
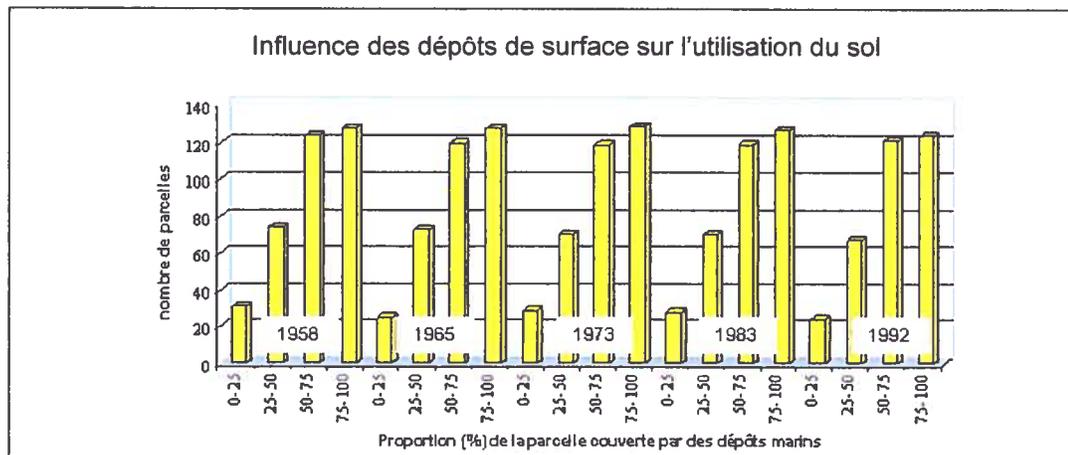


Figure 26: Influence des dépôts de surface sur l'utilisation du sol de type 'Champ'

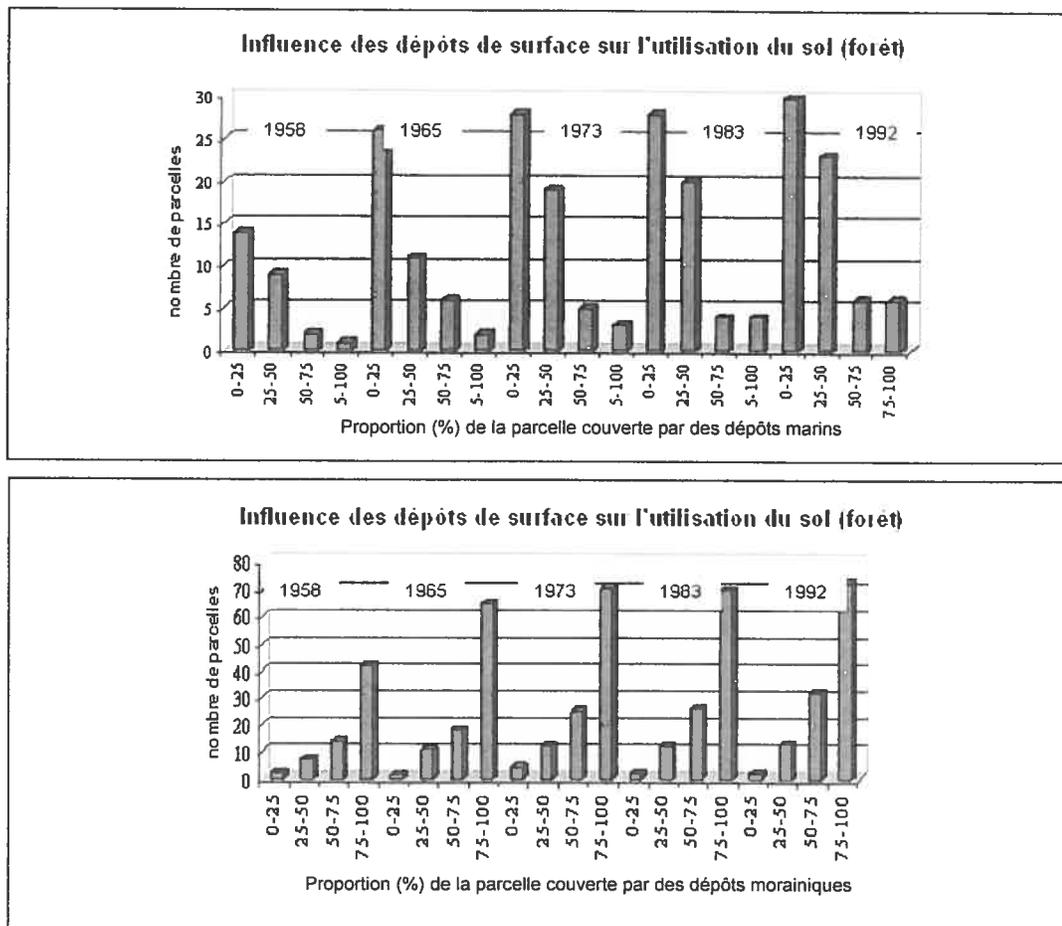


Figure 27: Influence des dépôts de surface sur l'utilisation du sol de type 'Forêt'

Le calcul d'un indice (1) tenant compte du poids relatif de la proportion de recouvrement d'un type de dépôt géomorphologique sur l'ensemble du territoire a permis de vérifier l'existence d'une relation entre ces dépôts et les changements d'utilisation du sol suivant un changement de propriétaire (parcelles rouges des figures 19 à 22).

(1)

$$\text{Indice géomorphologique} = \frac{\text{Surface d'un type de dépôt de surface pour l'ensemble des parcelles ayant subi un changements d'utilisation du sol suite à un changement de propriétaire}}{\text{Surface de ce type de dépôt de surface pour l'ensemble de la région d'étude}}$$

Les résultats (Figure 28) montrent qu'au cours des dix premières années (1958 – 1965), les changements sont condensés sur les dépôts de type fusion glaciaire, littoral tardiglaciaire et glaciaire wisconsinien. Ces dépôts sont localisés principalement au nord-est de la région d'étude, à l'endroit de la fusion glaciaire relique. Plusieurs changements se sont aussi effectués sur les dépôts morainiques. La tranche d'années suivante, il y a renversement des tendances. Un nombre important de changements sont effectués sur des dépôts marins et fluviaux tardiglaciaires. Au cours des années 1983 - 1992, il y a hausse des indices calculés reliés aux dépôts morainiques et fluviaux actuels, ce qui indique, entre autre, que les abords de la rivière sont des endroits qui gagnent en popularité avec les années.

Ainsi, la distribution spatiale des champs se concentre au cours des années de la période d'étude sur les dépôts géomorphologiques de type marin et celle de la forêt sur le type morainique. Par contre, les indices ne permettent pas d'affirmer que les dépôts géomorphologiques déterminent la distribution spatiale des changements de propriétaires suivis d'un changement d'utilisation du sol. Le lien entre les dépôts géomorphologiques et les changements de propriétaires semble plutôt se faire à travers l'utilisation du sol.

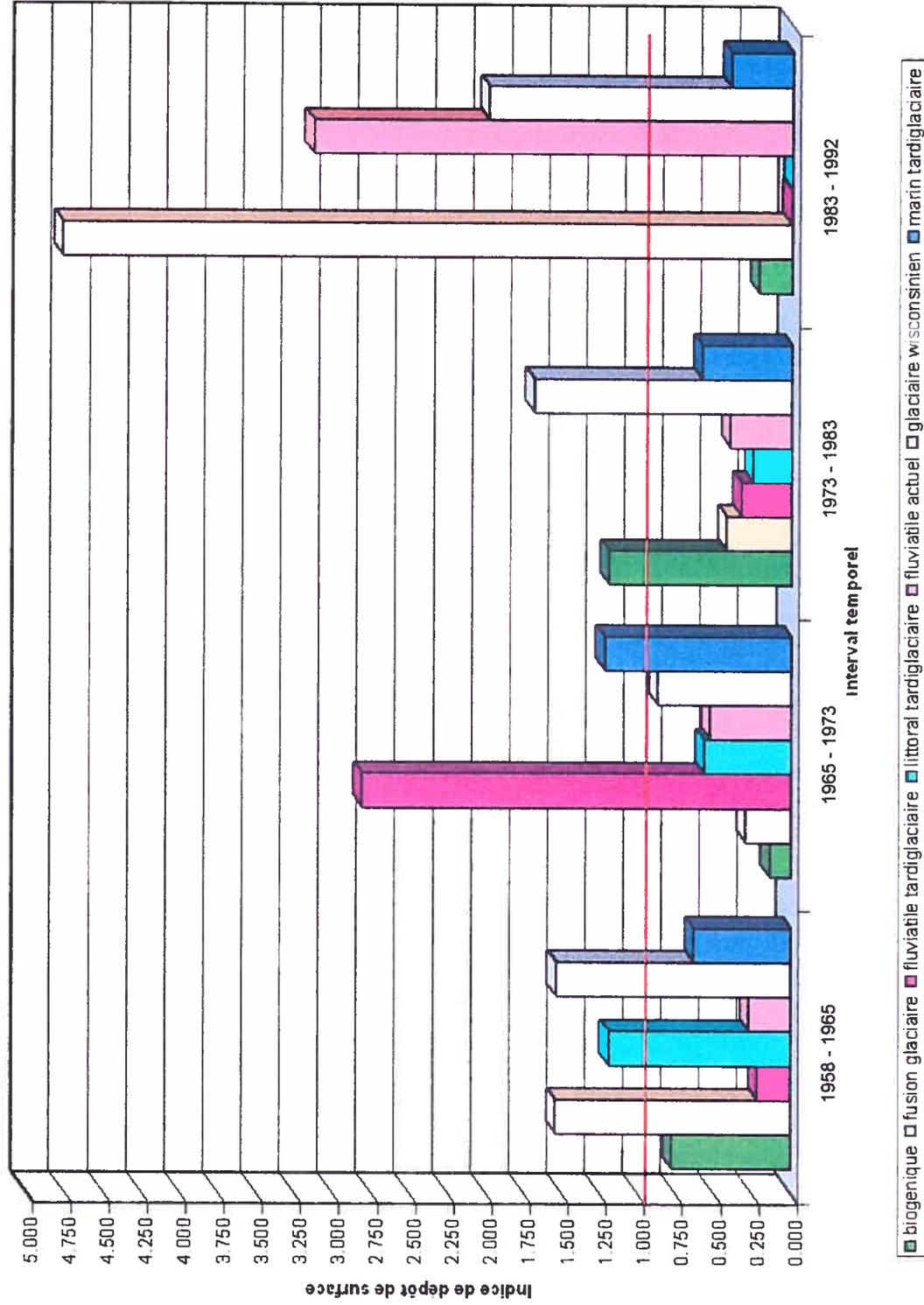


Figure 28: Influence des dépôts de surface sur les changements d'utilisation du sol suivant un changement de propriétaire

4.6 Synthèse des résultats

La section précédente avait pour but de présenter les différents résultats obtenus. À partir de ces résultats, il est possible d'établir deux constats. Premièrement, il n'existe pas de relation significative entre les changements de propriétaire et les changements d'utilisation du sol. Le deuxième constat est que les nouveaux propriétaires influencent différemment l'utilisation du sol que les propriétaires déjà établis. L'exposé de ces deux constats est précédé d'une description globale de la dynamique de changements qui a eu cours entre 1958 et 1992 sur le territoire de Godmanchester, le tout en lien avec le schéma conceptuel présenté au chapitre 2.

Suite à l'analyse des résultats thématiques, une réflexion sur l'utilisation d'un SIG orienté-objet pour l'étude de dynamiques spatio-temporelles est ensuite présentée.

4.6.1 Interprétation des résultats

Tout au long de la période d'étude, l'agriculture demeure la forme principale d'exploitation du territoire. De fait, la superficie des champs demeure relativement stable. Par contre, il y a augmentation du couvert forestier. La forêt se développe sur les parcelles de friche, mais aussi de pâturage. Les indices des processus spatiaux ont permis de déterminer que l'accroissement des forêts s'effectue par un processus d'apparition. Ces petites parcelles boisées prennent de l'envergure jusqu'à agglomération. De plus, en intégrant les données sur les dépôts de surface, il a été possible d'observer que la distribution de l'utilisation du sol n'est pas aléatoire, mais en fonction de ces dépôts de surface. Ainsi, les forêts sont concentrées sur les dépôts morainiques et les champs sur les dépôts marins. Bien que ce phénomène soit évident dès 1958, il s'intensifie au cours de la période

d'étude. Parallèlement à l'afforestation, la région connaît une hausse du nombre de parcelles de type *Bâti* et du nombre de propriétaires. Cette hausse du nombre de propriétaires a provoqué une fragmentation du territoire au cours de la période d'étude qui a touché le cadastre, mais aussi la superficie moyenne des propriétés qui a diminué. Cette fragmentation s'est surtout produite avant 1983, donc avant l'adoption de Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles du Québec (1978), et serait le résultat direct d'une hausse de propriétaires non reliés à l'agriculture. Effectivement, les nouveaux propriétaires ont tendance à transformer une partie de leur propriété en friche. Plusieurs de ces cas (transformation vers la friche et bâti) se retrouvent aux abords de la rivière à la Guerre. Des études antérieures ont démontré qu'une proportion de gens qui migrent vers les régions rurales sont en quête de paysage et que l'attrait du paysage détermine leur localisation à l'intérieur d'un territoire rural (Paquette et Domon, 2001, Bunce et Walker, 1992; Sgard, 1991; Luginbühl, 1991). Il est possible de penser que la rivière à la Guerre constitue un attrait de paysage et serait ainsi un endroit privilégié par les nouveaux propriétaires non-reliés à l'exploitation agricole. Ainsi, de nombreux lots sont fractionnés, malgré la loi du zonage agricole, dans le but d'y bâtir une résidence. Ce phénomène a aussi des répercussions sur l'utilisation du sol et la structure du paysage car une partie de la propriété est utilisée pour la résidence et une autre partie est laissée en friche. Il est aussi possible de supposer, à cause de la haute valeur économique d'une terre à capacité agricole, que des nouveaux arrivants non reliés à l'agriculture conservent la section résidentielle du lot et louent le reste à des agriculteurs (Provost, 2003). De fait, malgré l'augmentation du nombre de propriétaires, la superficie de champ demeure relativement stable.

Cette dynamique correspond à l'évolution du territoire pour l'ensemble de la période d'étude. Par contre, cette évolution ne s'est pas effectuée linéairement au cours des trente-quatre années. De fait, un grand

dynamisme de changement s'opère autour de l'année 1973. Entre 1965 et 1973, une augmentation des activités agricoles est observée. Une proportion de ces nouveaux propriétaires décident de transformer une partie de leur propriété en champ lorsque pour les autres années, les nouveaux propriétaires qui changent l'utilisation du sol de leur propriété choisissent plutôt la friche. En 1973, nous observons une baisse du nombre de parcelles de type *Bâti*, ce qui démontre une extensification de l'agriculture. Par contre, après 1973 ces tendances se renversent. La friche redevient le type d'utilisation du sol choisie par les nouveaux propriétaires qui transforment leur propriété et le nombre de constructions reprennent une pente de développement positive. De plus, le territoire subit une importante fragmentation foncière entre 1963 et 1983. Le nombre de propriétés augmente jusqu'en 1975 pour diminuer par la suite. Finalement, entre 1973 et 1983, 50% de la superficie du territoire change de propriétaire. Cette période est donc très dynamique en terme de changements. Mais, cette période correspond aussi à une époque de forte perturbation économique à l'échelle nationale et internationale.

L'élément déclencheur de cette période est sans aucun doute la crise du pétrole de 1973. Deux récessions ont suivi cet événement (bien qu'elles ne soient pas directement liées). Une aux États-Unis qui s'est poursuivie jusqu'en 1975 et une au Canada de 1981 à 1983. Nous remarquons que les fluctuations du nombre de propriétaires concordent avec ces récessions. Les grands événements économiques ont donc des répercussions sur les changements de propriétaires. Les récessions influencent les taux d'intérêt et donc, la disponibilité en capital. Par contre, ce qui est intéressant est que ces crises provoquent un grand dynamisme autant pour les changements de propriétaires que pour les changements d'utilisation du sol et non un ralentissement.

Le schéma conceptuel développé pour ce projet avait pour but de mettre en perspective les différentes variables qui influencent les changements qui ont cours sur un territoire rural à prédominance agricole. Malheureusement, il s'est avéré difficile de relier un événement du système socio-économique à une tendance d'évolution de l'utilisation du sol et de la structure du paysage. Malgré la difficulté à percevoir l'influence des différentes variables du schéma conceptuel, l'influence des forces formatives aux changements est quant à elle, palpable. Ces trois forces (changements dans les valeurs monétaires et non-monétaires, changements technologiques et changements institutionnels) ont eu des répercussions majeures sur les changements d'utilisation du sol et la structure du paysage.

Premièrement, les changements technologiques ont aidé le producteur agricole dans sa production, notamment grâce aux outils de drainage et à l'amélioration des machineries lourdes comme les tracteurs (augmentation des cultures sur les dépôts marins). De plus, l'amélioration des transports (système routier et automobile entre autres) et des communications (téléphones cellulaires, transmission par satellite) ont fait en sorte que les campagnes offrent une qualité de vie comparable à celle des villes (Kayser, 1992; Bruno, 1997; Dugas, 2000; Deslauriers *et al.*, 1992; Paquette et Domon, 2000; Tjallingii, 2000). Les changements dans les valeurs non-monétaires (quête du paysage (Bunce et Walker, 1992; Sgard, 1991; Luginbühl, 1991)) et monétaire (hausse du coût de la vie en ville (Davies et Yeates, 1991)) ont provoqué une restructuration de l'écoumène (augmentation du nombre de propriétaires). Les changements institutionnels sont dans certains cas semblables aux politiques gouvernementales. L'influence sur l'utilisation du sol et la structure du paysage des politiques gouvernementales est évidente sur le territoire (LPTAQ).

Medley *et al.* (1995) concluent lors de ses études que les facteurs culturels et technologiques couplés aux variations à grande échelle des conditions physiques (dans notre cas, les dépôts de surface) influencent davantage l'utilisation du sol et la structure du paysage que les politiques gouvernementales, malgré le fait que ces dernières soient souvent liées aux facteurs technologiques. Notre étude supporte ces conclusions, mais elle permet aussi de souligner toute l'importance qu'ont les variations du système économique sur un territoire majoritairement agricole.

Ces résultats ont permis d'établir deux constats et de dégager une grande tendance. Il a été démontré qu'il n'existe pas de relation significative entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol. Par contre, lorsqu'un changement d'utilisation du sol accompagne un changement de propriétaire, l'utilisation du sol résultante s'est avérée différente des tendances globales de changements d'utilisation du sol. Ainsi, une tendance d'afforestation est observée sur le territoire à l'étude. Bien que celle-ci ne soit pas reliée aux changements de propriétaires, les nouveaux propriétaires qui décident de transformer l'utilisation du sol de leur propriété ont tendance à choisir la friche. La friche, sur le territoire, ne semble pas être limitée dans son développement vers un stade forêt.

4.6.2 Analyse critique de l'utilisation d'un SIG orienté-objet

Ce projet constituait un des premiers essais de l'utilisation d'un SIG orienté-objet pour traiter un problème géographique. Effectivement, la littérature présente principalement des travaux méthodologiques et très peu de projets appliqués à une thématique qui utilisent ce type de SIG. Ce projet a donc permis de vérifier concrètement les avantages des SIG orientés-objet décrits dans la littérature. L'utilisation d'un SIG orienté-objet peut être divisée en trois étapes : la conception du modèle de données, la construction de la

base de données reliée au modèle et, finalement le questionnement de la base de données. La discussion sur la méthode orientée-objet et le logiciel Smallworld fera donc selon cette démarche.

Nous avons constaté en réalisant ce projet que la modélisation des entités du monde réel selon une méthode orientée-objet se fait de manière très naturelle. Le fait que la conceptualisation du modèle consiste en une abstraction selon différents objets inter reliés et non en une transformation sous forme de plusieurs tables permet d'exprimer plus facilement la richesse sémantique du domaine d'application.

La programmation du modèle à l'intérieur du logiciel Smallworld GIS a été un peu plus fastidieuse que la conception du modèle. Smallworld GIS offre une série d'interfaces graphiques (GUI) dans le but de faciliter le développement de modèles de données orientés-objets accessible aux usagers ayant peu de connaissances en programmation, mais l'approche demeure peu conviviale. Bien que l'outil CASE soit très efficace pour créer le modèle, la définition des attributs des classes d'objets et des relations entre les classes d'objets exige dans plusieurs cas de la programmation.

Suite à la création du modèle de données dans Smallworld GIS, l'importation des données pour peupler le modèle a constitué l'étape la plus complexe de la méthodologie. Elle a nécessité plusieurs étapes de manipulation, dont la préparation des données dans d'autres logiciels, la conversion des formats vers celui de Smallworld GIS et une connexion ouverte de base de données (OBDC). De plus, il est à noter que le temps d'importation des données spatiales est très long car toute la topologie spatiale des objets a dû être reconstruite pour toute la période d'étude.

L'étape de questionnement de la base de données permet de tester la performance du modèle construit. Ainsi, avec seulement sept objets et cinq

opérateurs temporels, il a été possible d'analyser la relation entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol. La combinaison de l'estampillage temporel des attributs et de l'utilisation d'opérateurs temporels a permis de recréer la filiation linéaire. Le modèle s'est avéré très efficace au moment d'appliquer les requêtes et de fournir les résultats escomptés.

La version de Smallworld GIS utilisée pour ce projet offre peu d'outils cartographiques et statistiques pour finaliser l'analyse des résultats. Ainsi, les requêtes ont été appliquées dans Smallworld GIS pour tester le modèle développé, mais les données ont dû être manipulées à nouveau dans un autre SIG (Arc View 3.2, environnement relationnel) dans le but d'obtenir des résultats qui pouvaient être traités graphiquement. Cette lacune de Smallworld GIS nous a, en revanche, permis de comparer concrètement les méthodes relationnelle et orientée-objet pour le traitement de données spatio-temporelles. Cette comparaison a démontré que pour arriver aux mêmes résultats, beaucoup plus de manipulations ont été nécessaires dans Arc View 3.2 que dans Smallworld GIS.

Smallworld GIS s'est révélé être un logiciel d'ingénierie plus qu'un système d'information géographique. Il est possible de créer une base de données orientée-objet complexe et incorporant certaines données spatiales à l'aide du logiciel, mais les manipulations spatiales courantes dans le domaine des SIG étaient fastidieuses et même pour certaines, impossibles à effectuer dans Smallworld GIS.

Mais en finale, la méthode orientée-objet vaut-elle la peine d'être utilisée dans le domaine des SIG? La réponse à laquelle nous arrivons est oui. Cependant, le SIG orienté-objet utilisé dans ce projet offre peu de fonctionnalités d'analyse spatiale et de cartographie ce qui en limite le potentiel pour des applications géographiques. L'utilité finale de la base de

données et l'utilisateur des données sont des facteurs très importants à considérer lors du choix de la méthode. L'orienté-objet, comme son nom l'indique, est orienté vers les objets. Ainsi, dans le cas où un objet précis doit être étudié en profondeur, la méthode se révèle être un outil puissant. Par exemple, lorsque toutes les informations relatives à une personne sont requises. Par contre, dans les cas où un ensemble de données doit être répertorié (par exemple, la liste des transactions bancaires à la fin d'une journée), le modèle relationnel est plus efficace. Dans notre cas, la méthode sélectionnée pour gérer la dimension temporelle, l'estampillage temporel, pouvait aussi bien être utilisée dans un modèle relationnel qu'orienté-objet. Par contre, le code pour développer les opérateurs temporels en orienté-objet est simple (quelques lignes seulement) et l'utilisation de ces opérateurs est aussi relativement simple. Ainsi, le fait que le modèle de données orienté-objet soit couplé avec un langage de programmation orienté-objet a facilité grandement le développement et l'utilisation d'outils pour la réalisation de ce projet.

Avec l'expérience acquise au cours de ce projet et les améliorations apportées aux logiciels de géomatique, il serait intéressant de complexifier le modèle en exploitant plus en profondeur les concepts de hiérarchie et d'héritage. Premièrement, le concept de hiérarchie qui constitue un des concepts les plus puissants de la méthode orientée-objet n'a pas été utilisé pour réaliser ce modèle. Or, l'intégration des variables du schéma conceptuel dans le modèle permettrait d'explorer cette voie en plus de permettre d'analyser plus en profondeur la dynamique présente dans la région d'étude. Effectivement, le concept de hiérarchie permettrait de bien définir l'aire d'influence spatiale et temporelle de chaque élément du schéma. Deuxièmement, il serait intéressant d'appliquer une des voies les plus prometteuses pour la conception de modèles spatio-temporels, la structure hiérarchique des éléments spatiaux et temporels. Dans le présent modèle, le temps et l'espace sont traités séparément. L'objet possède des

attributs spatiaux et des attributs temporels. On localise l'objet en premier lieu et ensuite on y applique des requêtes temporelles. Mais le modèle serait beaucoup plus puissant si une seule étape pouvait suffire pour étudier l'évolution d'un objet.

5 Conclusion

Cette recherche a démontré qu'il n'existait pas de relation statistique significative entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol. Ainsi, les changements de propriétaire n'entraînent pas forcément de changements d'utilisation du sol. Par contre, dans les cas pour lesquels un changement d'utilisation du sol suit un changement de propriétaire, les tendances d'utilisation du sol résultantes diffèrent des tendances globales de changements d'utilisation du sol. De fait, les nouveaux propriétaires ont tendance à laisser une partie de leur propriété en friche, tandis que les propriétaires déjà établis laissent leur terrain déjà en friche ou en pâturage atteindre un stade de forêt. Ainsi, les nouveaux propriétaires prennent part à la dynamique d'afforestation qui correspond au développement général du paysage de Godmanchester en 1958 et 1992.

Ce projet en plus de vérifier la relation entre les changements de propriétaires et les changements d'utilisation du sol avait pour but de tester l'applicabilité d'un modèle de données orientées-objets permettant d'intégrer la dimension temporelle efficacement. Le modèle orienté-objet a été particulièrement avantageux lors de la conception du modèle de la base de données et pour l'implémentation d'opérateurs temporels. Par contre, le logiciel Smallworld GIS s'est avéré très limité pour la manipulation des données spatiales. Ce logiciel n'offre pas les outils de base disponibles dans les autres SIG.

Cette étude ouvre la voie à des recherches futures. Ce projet a démontré que l'intégration d'autres variables à l'intérieur du modèle est nécessaire pour arriver à distinguer l'influence des différents paliers du schéma conceptuel sur l'utilisation du sol et la structure du paysage. Effectivement,

le caractère multidisciplinaire d'une telle étude est incontournable. De plus, chacune des forces de changements devrait être bien définie. Finalement, il serait nécessaire pour bien saisir la dynamique à l'échelle du propriétaire, de procéder à un questionnement direct du propriétaire.

Du côté méthodologique le modèle orienté-objet serait très bien adapté pour la réalisation d'un tel projet. Les concepts de hiérarchie et d'héritage permettraient de structurer les différentes variables selon leur poids spatio-temporel. De plus, ces concepts permettraient de gérer le temps et l'espace conjointement. Il serait aussi important de revoir le pas entre les données spatiales. Les cartes d'utilisation du sol utilisées pour ce projet sont espacées de sept à dix années. Or, plusieurs propriétés subissent plusieurs changements de propriétaires au cours d'une période de sept ans. Pour ce projet, aucune période de cause à effet n'a été pré-établie. Par période de cause à effet, on entend le décalage maximum pour relier un changement de propriétaire et un changement d'utilisation du sol. Il serait important de réfléchir à la durée de cette période dans le but de bien cibler l'écart entre les données d'utilisation du sol nécessaire pour analyser la relation entre différentes variables.

Références

1. Allen, J. F., 1984, « Towards a general theory of action and time », Artificial Intelligence, vol. 23, pp. 123-154.
2. Bariteau, L. 1987. Haut-Saint-Laurent: écologie et aménagement: carte géomorphologique, feuillet 1. Carte à 1/20000 de Cazaville (feuillet no. 31 G 01-200-0101). Centre de recherches écologiques de Montréal (CREM), Université de Montréal
3. Beaudry, Jacques, 1993, « Landscape dynamics and farming systems : Problems relating patterns and predicting ecological changes » dans R. G. H. Bunce, Lech Ryszkowski et M.G. Paoletti (dir), Landscape Ecology and agroecosystems, Boca Raton : Lewis Publishers, pp. 21-39.
4. Bian, L., 2000. « Object-oriented representation for modelling mobile objects in an aquatic environment », Int. J. Geographical Information Systems, vol. 14, no. 7, pp.603-623.
5. Booch, Grady. 1991. *Object Oriented design with applications*. The Benjamin/Cummings publishing Company. Redwood, Ca. 580 pages.
6. Bouchard, A. et Domon, G. 1997. *The transformation of the natural landscapes of the Haut-St-Laurent (Québec) and their implications of future resource management*. Landscape and urban planning. 37, 99-107.
7. Bouchard, A., Y. Bergeron, C. Camiré, P. Gangloff et M. Gariépy 1985. *Proposition d'une méthodologie d'inventaire et de cartographie écologique : Le cas de la MRC du Haut-St-Laurent*. Cahiers de géographie de Québec. 29(76) 79-95.
8. Bruel, M., 2002. Développement d'une base de données orientée-objets pour l'étude de la dynamique des changements d'utilisation du sol et des changements de propriétaires dans la municipalité de Godmanchester au Québec. mémoire non publié de M.Sc., Département de géographie, Faculté des arts et des sciences, Université de Montréal, 110 pp.
9. Bryant, C. & Johnston, T.R.R. 1992, *Agriculture in the City's countryside*, University of Toronto Press, Toronto. 233p.
10. Bryant, C.R. 1989, *Entrepreneurs in the rural environment*. Journal of rural studies. 5: 337-348

11. Bunce, M. et Walker, G. 1992. *The transformation of rural life : The case of Toronto's countryside*. In: Bowler, I.R., C.R. Byrant et M.D. Nellis. Contemporary rural systems in transition. C.A.B International, Melksham, UK.
12. Chance, A., R.G. Newell et D. G. Thériault. 1999. *Smallworld GIS : An object-oriented GIS – Issues and Solutions*. Smallworld technical paper.
13. Claramunt, C. et Jiang, B., 2000. « A representation of relationships in temporal spaces », dans GIS and Geocomputation. Innovation in GIS Z., Éd. Atkinson, P. et Martin D., London : Taylor and Francis. Chapitre 4, pp. 41-53.
14. Claramunt, C., Coulondre, S. et Libourel, T., 1997a « Autour des méthodes orientées objet pour la conception des SIG », Revue internationale de géomatique, vol. 7, no. 3-4, pp. 233-257.
15. Claramunt, C., Parent, C. et Thériault, M., 1997b. « Design patterns for spatio-temporal processes » dans Spaccapietra, S. et Maryanski, F. (dir.), Data mining and reverse engineering – Searching for semantics. London : Chapman and Hall, pp. 415-428.
16. Claramunt, C., Parent, C. et Thériault, M., 1997c. « Design patterns for spatio-temporal processes » dans Spaccapietra, S. et Maryanski, F. (dir.), Data mining and reverse engineering – Searching for semantics. London : Chapman and Hall, pp. 415-428.
17. Claramunt, C., Parent, C., and Thériault, M., 1997d. « *Design Patterns for Spatiotemporal Processes* ». IFIP, 1997 (Chapman and Hall).
18. Côté, Daniel et Vézina, Martine. 1988. *L'agro-économie québécoise*. École des Hautes études commerciales de Montréal. 40 pages.
19. Courville, S., 1991, « Identité et harmonie : la ruralité québécoise », dans : Vachon, Bernard, 1991. Le Québec rural dans tous ses états. Boréal, pp. 39-54.
20. Davies, S. et Yeates, M. 1991. *Exurbanization as a component of migration : A case study in Oxford, Ontario*. *Le géographe canadien*. 35 (2), 177-186.
21. Deslauriers, P. C.R. Bryant et C. Marois 1992. *Farm business restructuring in the urban fringe : the Toronto and Montréal regions*. In: Bowler, I.R., C.R. Byrant et M.D. Nellis. Contemporary rural systems in transition. C.A.B International, Melksham, UK.

22. Domon, G., Bouchard, A. et Gariépy, M., 1993, *The dynamics of the forest landscape of Haut-Saint-Laurent (Quebec, Canada): interactions between biophysical factors, perceptions and policy*, *Landscape and Urban Planning*. 25, 53-74.
23. Domon, Gérald. 1990. *Du déterminisme écologique à la gestion du paysage : fondements, visées et contribution potentielle de la planification écologique à l'aménagement du territoire agroforestier*. Thèse (Ph.D.) -- Université de Montréal.
24. Dugas, Clermont. 2000. *L'espace rural québécois*. In : Carrier, M. et Côté, S. Gouvernance et territoires ruraux – éléments d'un débat sur la responsabilité du développement, Presses de l'Université du Québec, Ste-Foy. 13-40.
25. Egenhofer, M. et Frank, A., 1992. « Object-Oriented Modeling for GIS », *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association*, vol. 4, no. 2, pp. 3-19.
26. Forman, R.T.T . 1995. *Some general principles of landscape and regional ecology*. *Landscape Ecology*. 10 (3), 133-142.
27. Forman, T.T. Godron, M. 1986. *Landscape Ecology*, John Wiley & Sons. 477-483.
28. Frihida, A., Marceau, D. et Thériault, M., 2003. « Development of a temporal extension to query travel behavior time paths using an object-oriented GIS », *Geoinformatica*, accepté pour publication.
29. Fukamachi, K., Oku, H. et Nakashizuka, T., 2001. « The change of a satoyama landscape and its causality in Kamiseya, Koyto Prefecture, Japan between 1970 and 1995 », *Landscape Ecology*, vol. 16, pp. 703-717.
30. Gardarin, G., 1999. « Bases de données : objets & relationnel », Éd. Eyrolles, Paris, 788 pages.
31. Gayte, O., Libourel, T., Cheylan, J.P. et Lardon, S., 1997. *Conception des systèmes d'information sur l'environnement*. Paris : Éditions Hermès, 152 p.
32. Ilbery, B. et Bowler, I. 1998. *From agricultural productivism to post-productivism*. In: Ilbery, Brian. *The geography of rural change*. Longman. 267 pages.
33. Ilbery, Brian. 1998. *The geography of rural change*. Longman. 267 pages.

34. Jean, B., 1997. *Territoires d'avenir : Pour une sociologie de la ruralité*. Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec, 318 p.
35. Jenerette, G. D. et Wu, J., 2001. « Analysis and simulation of land-use change in central Arizona – Phoenix region, USA », *Landscape Ecology*, vol. 16, pp. 611-626.
36. Karimi, H. et Lee, Y.C., 1995. « Semantic Data Models in GISs and Object Orientation » *GIS'95 Conference Proceedings*. Fort Collins: GIS World, Inc., pp. 407-412.
37. Kayser, Bernard (1992). *L'avenir des espaces ruraux. Choix de société et volonté politique*. Futuribles. Juillet-août, 3-27.
38. Kösters, G., Pagel, B.U. et Six, H.W., 1997. « GIS-application development with GeoOOA », *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 11, no. 4, pp. 307-335.
39. Langran, G. and N. Chrisman. 1988. « A Framework for Temporal Geographic Information », *Cartographica*, vol. 25, no. 3, pp. 1-14.
40. Lefort, Isabelle. 1997. *Crises et mutations des espaces ruraux dans les pays anciennement industrialisés*. Éd. Economica. Paris. 112 pages.
41. Leung, Y., Leung, K. S. et He, J. Z., 1999. « A generic concept-based object-oriented geographical information system », *Int. J. Geographical Information Systems*, vol. 13, no. 5, pp.475-498.
42. Luginbühl, Yves. 1991. *Les paysage rural. La couleur de l'agricole, la saveur de l'agricole, mais que reste-t-il de l'agricole?* Études rurales. 121-124, 27-44.
43. McGarigal, K., and B. J. Marks. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-351.
44. Medley, K. E., Okey, B. W., Barrett, G. W., Lucas, M. F. et Renwick, W. H. 1995. *Landscape change with agricultural intensification in a rural watershed, southwestern Ohio, U.S.A.* *Landscape Ecology*, vol. 10, no. 3, pp. 161-176.
45. Migner, Robert. 1980. *Quand gronde la révolte verte*. Collection Jadis et naguère. 263 pages.
46. Morrissette, Hugues. 1972. *Les conditions du développement agricole au Québec*, Les presses de l'université Laval, Québec. 173 pages.

47. Murdoch, J. et Pratt. A.C. 1993. *Rural studies: Modernism, postmodernism and the "post-rural"*. *Journal of rural studies*. 9 (4) 411-427.
48. Nagashima, K., Sands, R. Whyte, A.G.D., Bilek, E. M. et Nakagoshi, N., 2001. « Forestry expansion and land-use patterns in the Nelson Region, New Zealand », *Landscape Ecology*, vol. 16, pp. 719-729.
49. O'Neill, Robert V. 1988. *Scales and Global Change*. Eds, John Wiley & Sons, 1988, 355 pages.
50. Olsson, E. G. A., Austrheim, G. et Grenne, S. N., 2000. « Landscape change patterns in mountains, land use and environmental diversity, Mid-Norway 1960-1993 », *Landscape Ecology*, vol. 15, pp. 155-170.
51. Pan, D., Domon, G., deBlois, Sylvie, et Bourchard. 1999. *Temporal (1958-1993) and spatial patterns of land use changes in Haut-Saint-Laurent (Quebec, Canada) and their relation to landscape physical attributes*. *Landscape Ecology*. 14, 35-52.
52. Paquette, S. et Domon, G. 2000. *Le paysage comme agent de recomposition des communautés rurales du sud du Québec*. In : Carrier, M. et Côté, S. Gouvernance et territoires ruraux – éléments d'un débat sur la responsabilité du développement, Presses de l'Université du Québec, Ste-Foy. 190-222.
53. Paquette, S. et Domon, G., 1999, *Agricultural trajectories (1961 – 1991), resulting agricultural profiles and current sociodemographic profiles of rural communities in southern Quebec (Canada): A typological outline*, *Journal of Rural Studies*. 15, 279-295.
54. Parent, C., Spaccapietra, S., Zimanyi, E., Donini, P., Plazanet, C., Vanguenot, C., Rognon, N. et Crausaz, P., 1997. « MADS : Modèle conceptuel spatio-temporel », *Revue internationale de géomatique*, vol. 7, pp. 317-352.
55. Peuquet, D.J. 1999. *Time in GIS and geographical databases*. In : Longley, P.A., M.F. Goodchild, D.J. Maguire et D.W. Rhind, Geographical Information Systems, Wiley Ed. Chap. 8. 91-103.
56. Provost, Erik. 2003. « Analyse de la relation entre la valeur des terres, les changements d'utilisation du sol et les dépôts géomorphologique à Godmanchester (Québec) », mémoire non publié de M.Sc., Département de géographie, Faculté des arts et des sciences, Université de Montréal, 83 pp
57. Raper, J. and D. Livingstone, 1995. « Development of a geomorphological spatial model using object-oriented design »,

International Journal of Geographical Information Systems, vol. 9, no. 4, pp. 359- 383.

58. Reid, R. S., Kruska, R. L., Muthui, N, Taye, A., Wotton, S., Wilson, C. J. et Malatu, W., 2001. « Land-use and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and soci-political forces : the case of southwestern Ethiopia », Landscape Ecology, vol 15, pp. 339-355.
59. Rojas-Vega, E. et Kemp, Z., 1995. « An object-oriented Data Model for Spatio-temporal Data », GIS '95 Conference Proceedings. Fort Collins : GIS World, Inc., pp. 399-406.
60. Séguin, Normand. 1980. *Agriculture et colonisation au Québec*, Boréal Express, Montréal. 220 pages.
61. Sgard, Jacques. 1991. *Quelques aspects de la gestion paysagère de l'espace rural*. Études rurales. 121-124, 207-212.
62. Smyth, C. S., 1998. « A representational framework for geographical modeling », dans : Spatial and temporal reasoning in GIS, Ed. Egenhofer, M. J. and Golledge, R. G., New York : Oxford University Press. Chapitre 14, pp. 191-213.
63. Spéry, L., Claramunt, C. et Libourel T., 2001. « A spatio-temporal model for the manipulation of lineage metadata », Geoinformatica, vol. 5, no. 1, pp. 51-70.
64. Steinhardt, U. et Volk, M., 2002. « An investigation of water and matter balance on the meso-landscape scale : A hierarchical approach for landscape research », Landscape Ecology, vol.00, pp.1-12.
65. Strahler, A.N. et Strahler, A.H. 1992. *Modern physical geography*. John Wiley & Sons. 638 pages.
66. Thériault, M., Claramunt, C. et Villeneuve, P. Y., 1999. « A spatio-temporal taxonomy for the representation of spatial set behaviours », dans : Spatio-temporal database management, Ed. Böhlen, M. H., Jensen, C. S. et Scholl, M. O. Berlin : Springer-Verlag.
67. Tjallingii, S. P. 2000. *Ecology on the edge: Landscape and ecology between town and country*. Landscape and urban planning. **48**, 103-119.
68. Turner, M.G., Gardner, R.H. et O'Neill, R.V. 2001. *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer, New York, 401 pages.

69. Vachon, Bernard. 1991. *Le Québec rural dans tous ses états*. Boréal. 311 pages.
70. Vink A.P.A. 1983. *Landscape ecology and land use*. Longman. 264 pages.
71. Vrana, Ric. 1989. *Historical data as an explicit complement of land information systems*. *Int. J. Geographical Information Systems*. **3**, 33-49.
72. Wachowicz, M. et Healy, R.G., 1994. « Towards temporality in GIS » dans Worboys, M.F.(dir.) *Innovations in GIS*, Taylor and Francis, pp. 105-115.
73. Worboys, M. F. 1999. *Relational databases and beyond*. In : Longley, P.A., M.F. Goodchild, D.J. Maguire et D.W. Rhind, Geographical Information Systems, Wiley Ed. Chap. 26. 373-385.
74. Worboys, M.F., 1998. *Modelling changes and events in dynamic spatial systems with reference to socio-economic units*. In: ESF GISDATA Conference on modeling change in socio-economic units, Naphtilion, Greece.
75. Worboys, M.F., H. M. Hearnshaw et D.J. Maguire. 1990. *Object-oriented data modelling for spatial-databases*. *Int. J. Geographical Information Systems*. **4**(4), 369-383.