

Définition et mesure de l'accessibilité aux services urbains: comportements de mobilité, perceptions et impact sur les valeurs résidentielles

Marius Thériault



En collaboration avec François Des Rosiers, Paul Villeneuve, Yan Kestens, Florent Joerin, Marie-Hélène Vandersmissen et Gjin Biba

Centre de recherche en aménagement et en développement :

<http://www.crad.ulaval.ca/>



Université Laval, Québec



Présentation Théo Quant, Université de Franche-Comté, Besançon, 26 janvier 2005



Contexte général (1)

- ▶ Contexte général et objectif de ce projet de recherche:
comprendre les dynamiques urbaines et modéliser les processus de transformation de la ville.
- ▶ Utilisation des SIG et de la statistique spatiale pour mesurer les effets de l'accessibilité, du cycle de vie et de l'environnement sur les marchés fonciers.
- ▶ Financements depuis 12 ans par le Conseil de Recherche en Sciences Humaines du Canada (CRSHC) et le Fonds Québécois de Recherche en Société et Culture (FQRSC).
- ▶ Projet de l'équipe «*Étude des dynamiques urbaines*» du CRAD, Université Laval – vise à modéliser les comportements individuels et les effets de leur agrégation sur l'évolution de la ville.



Contexte général (2)

- ▶ Une ville est un **système complexe** composé d'une multitude d'acteurs qui interagissent et transforment le territoire, donc la ville.
- ▶ Si on veut comprendre le fonctionnement du système urbain, il faut étudier les **comportements des acteurs à l'échelle individuelle** et prendre en compte les **interactions** entre les composantes résidentielles, commerciales, socio-économiques, de mobilité, d'infrastructure et de politique.
- ▶ Dans un contexte de mondialisation, il faut améliorer la **compétitivité**, tout en réduisant le plus possible les **impacts environnementaux** et les nuisances (développement durable).
- ▶ Les liens entre **mobilité, accessibilité et marchés fonciers** permettent de mettre en lumière et de mesurer certains **aspects socio-économiques** fondamentaux des **dynamiques urbaines**.

But de cette présentation

- ▶ *Proposer une synthèse de nos recherches récentes visant à **établir un lien entre les notions de mobilité, d'accessibilité et de valeurs foncières.***
- ▶ Buts spécifiques:
 - ▶ *Discuter de la **complexité inhérente aux concepts d'accessibilité et de mobilité** en lien avec les perceptions, les préférences et les valeurs.*
 - ▶ *Discuter du **potentiel et des limites du couplage des SIG et de la statistique** pour étudier le lien entre l'accessibilité et les marchés résidentiels (**transactions immobilières**), détecter les structures spatiales et contrôler les interactions avec les autres dimensions de la ville (**statut socio-économique des quartiers, qualité de l'environnement naturel, et autres formes d'externalités liées à l'espace**).*
 - ▶ *Discuter du **potentiel des approches de micro-modélisation** pour effectuer la synthèse des comportements individuels afin d'étudier leur **internalisation dans les valeurs** (**validation des effets de l'accessibilité**).*

Les facteurs de choix résidentiel



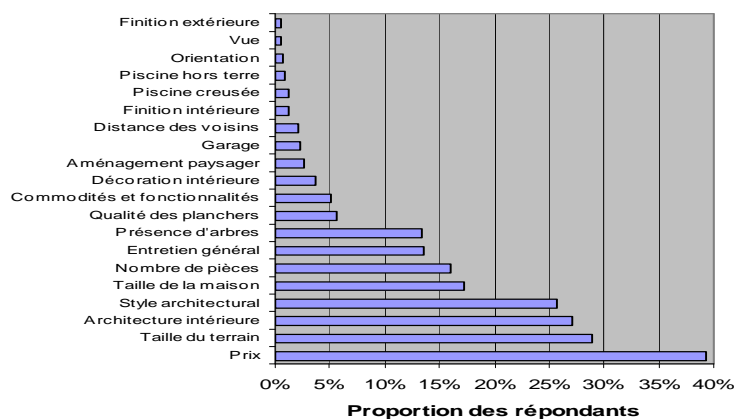
Les facteurs de choix résidentiel

- ▶ Le choix d'un lieu de résidence et les valeurs immobilières qui en découlent dépendent de divers facteurs, notamment:
 - ▶ **Démographiques** (composition des ménages) et **sociologiques** (valeurs et aspirations; cycles de vie)
 - ▶ Du **statut socio-économique** (revenus des ménages), de la localisation des **emplois** (navettes) et du **cycle économique** (taux d'emploi, d'intérêt)
 - ▶ De l'**accessibilité aux services** (écoles, commerces, ...) et aux **infrastructures** (réseaux de transport, distribution spatiale des activités, disponibilité/choix des modes de transport privé/collectif)
 - ▶ De la **qualité de l'environnement** immédiat des résidences (aménagement paysager, accès à la nature, nuisances et autres externalités)
 - ▶ De la **structure des marchés** résidentiels (prix et caractéristiques des logements – achat/location, plan d'urbanisme, règlements de zonage)
 - ▶ De la **fiscalité locale** (taxes foncières, scolaires, de secteur, ...)
- ▶ **Ces facteurs varient dans l'espace et dans le temps** (court/long terme)!

Enquête sur les critères de choix résidentiel

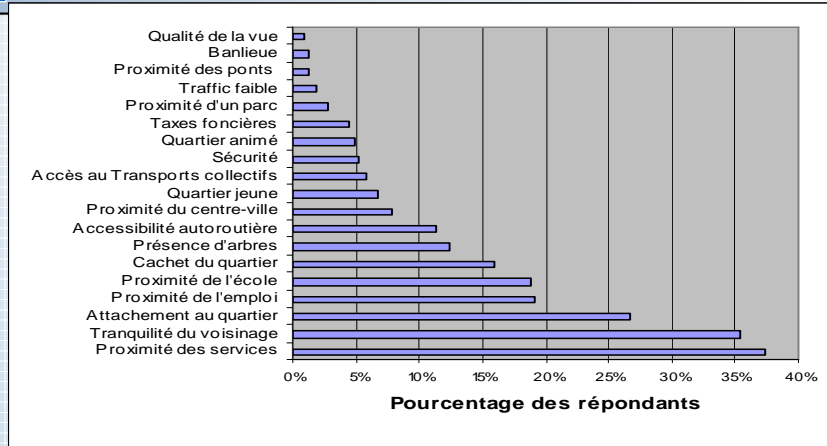
- ▶ **Enquête téléphonique** auprès de 2 521 ménages de Québec ayant acheté une résidence unifamiliale de 1993 à 2001 (avec stratification spatiale).
- ▶ 1 134 répondants (45%) 774 questionnaires complets (incluant données socio-économiques complètes).
- ▶ Interrogés sur les facteurs de **choix de la résidence** acquise et sur les critères de **choix du quartier**.
- ▶ Questionnaire avec choix de réponses ouvert et sans limite du nombre de critères mentionnés.
- ▶ Informations corollaires sur la résidence acquise (prix, caractéristiques, localisation dans un SIG, photographie).

Critères de choix de la résidence



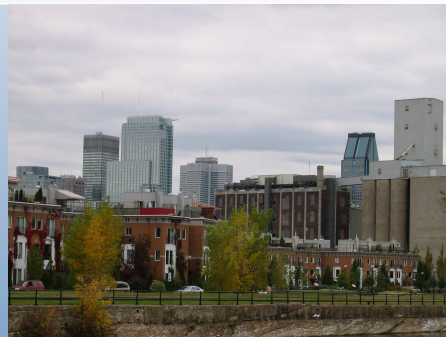
- ▶ Essentiellement lié au prix et aux caractéristiques intrinsèques de la propriété; **peu de lien avec l'environnement local**.

Critères de choix du quartier



► Très lié à l'accessibilité et à la qualité de l'environnement local en termes de tranquillité, de sécurité et de convivialité.

Les concepts d'accessibilité, de centralité et de mobilité



Le concept d'accessibilité

- ▶ L'**accessibilité** est une **notion complexe et à facettes multiples** qui joue un **rôle capital** dans l'évolution des villes. Par exemple, ce sont des différentiels d'accessibilité qui permettent d'expliquer les variations spatiales de la **rente foncière** (**concurrence pour les localisations centrales** qui se traduit dans le prix des terrains et des espaces construits – **densité d'occupation du sol**).
- ▶ Pour les besoins de la modélisation, l'accessibilité est souvent définie comme un **potentiel d'interaction** qui découle d'une **localisation** en rapport avec la **distribution des opportunités** sur le territoire et la **structure des réseaux de communication** (ou de **transport**) permettant de réaliser les échanges, tout en tenant compte des **contraintes** liées à la circulation (**impédance**).
- ▶ L'accessibilité peut être **modélisée** en tenant compte seulement des **éléments physiques** ou encore **intégrer** des facteurs liés aux **perceptions** (**préférences énoncées**) et aux **comportements** des individus (**préférences révélées**).

La modélisation des comportements de mobilité

- ▶ La **modélisation des comportements de mobilité** peut être effectuée à plusieurs niveaux dans les SIG.
- ▶ On peut modéliser, pour un **individu** ou un **véhicule**, le choix modal et le **choix de parcours** (et d'**itinéraire**) sur un réseau de transport (par exemple, **algorithme du plus court chemin**) – 2 à N arrêts.
- ▶ On peut modéliser le **trafic** généré **sur le réseau** par un ensemble de personnes ou de véhicules qui se déplacent à un moment donné (**analyse de capacité/congestion sur le réseau**).
- ▶ On peut modéliser, autour d'un **point de service** quelconque (par exemple, **caserne de pompiers**), des **aires de desserte** immédiate.
- ▶ On peut modéliser, pour une localisation quelconque dans une ville (**quartier**), l'**accessibilité** à un **type de service** quelconque (exemple, **écoles primaires**) afin de déterminer des **distances**, des **temps de déplacement**, ou un **nombre d'opportunités** à une distance donnée.

Travaux antérieurs sur l'accessibilité

- Ils ont démontré que la **distance au centre-ville et les temps de déplacement** vers les services ont un effet sur la **rente foncière**.
- Plusieurs indicateurs basés sur la **distance et les temps de déplacement** (**simulation sur graphe de réseau**):
 - Lien entre des indices d'**accessibilité** (**modèle gravitaire**) et la distribution de la population, des emplois et des commerces (Hansen 1959 - Washington, DC)
 - Application des **modèles gravitaires** en études urbaines (Curry 1972; Cliff *et al.* 1974; Johnston 1973; Tiefelsdorf 2003)
 - Lien avec les **théories comportementales** (**behaviorales**) pour étudier des destinations concurrentes (Fotheringham 1981 & 1986)
 - Problèmes d'**équité** liés aux différences d'accessibilité (Brueckner & Martin 1997; Martin 1997)
 - **Études de marché** pour la localisation de l'offre commerciale et des services publics (Talen & Anselin 1998; Fotheringham 1988)

Centralité, Proximité, Mobilité et Accessibilité

- La **centralité** est définie en rapport avec une distance (**physique ou temporelle**) au centre (**ou à des pôles centraux**) et traduit la variation des densités et une hiérarchie de proximité intra-urbaine.
- La **proximité** réfère principalement au concept de distance (**Euclidienne ou sur réseau**) et exprime une évaluation de la position.
- La **mobilité** exprime les **comportements** de déplacement des personnes pour accéder aux lieux d'emploi, de consommation et d'activité; elle réfère aussi aux moyens mis en œuvre.
- L'**accessibilité** correspond à un **potentiel d'interaction** qui est contraint par des facteurs physiques (**proximité, réseau, ...**) mais qui doit être interprété dans son contexte socio-économique (**coût et disponibilité des modes de transport, ...**) et technologique (Handy and Neimeier 1997; Levinson 1998) liés à la **mobilité**.
- L'accessibilité doit intégrer les **dimensions perceptuelles** liées aux **préférences exprimées** et aux **comportements de mobilité** (**préférences révélées**), surtout quand on désire spécifier des **fonctions d'utilité**.

Hypothèses centrales et objectifs généraux

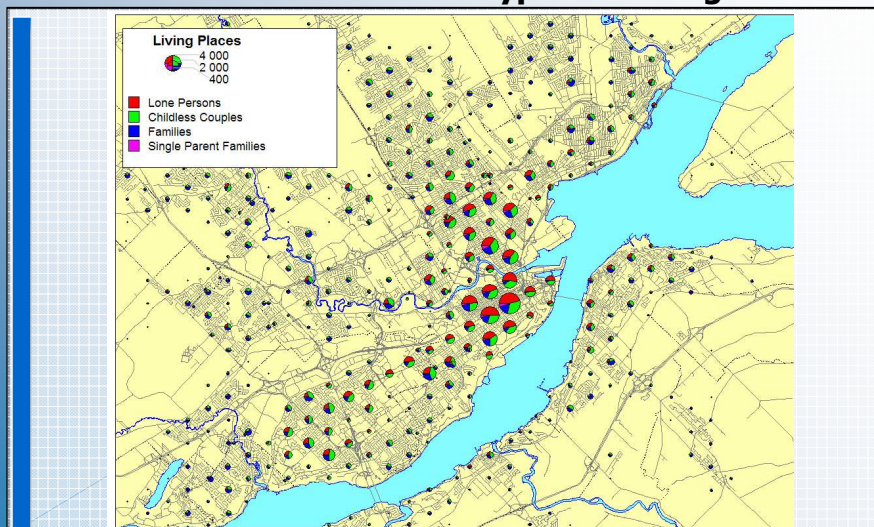
➤ Hypothèses centrales:

- 1- En fonction de leurs moyens et de leurs besoins, les personnes doivent composer avec des **contraintes différentes** et, par conséquent, ne sont pas également disposées à se déplacer pour rejoindre les lieux d'activité, ce qui induit une **perception différenciée de l'espace urbain**.
- 2- La **propension à payer pour la centralité et l'accessibilité** aux services lors du **choix de localisation résidentielle** sera différente pour divers groupes de personnes ayant des perceptions hétérogènes de l'espace urbain et des besoins différents.

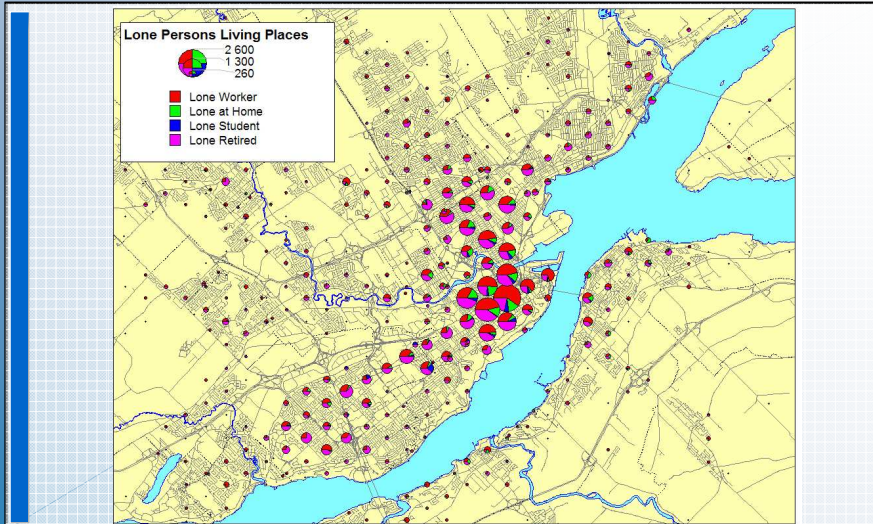
➤ Objectifs généraux:

- Élaborer une méthodologie pour **évaluer l'accessibilité** en utilisant les comportements de **mobilité** de divers **groupes de personnes** afin de spécifier leurs **préférences révélées** (**significatives au plan statistique**).
- Utiliser ces fonctions de préférence pour interpoler les **variations spatiales de l'accessibilité** (**diversité des choix de destination**) en considérant les **infrastructures**, puis valider leur signification en terme d'**utilité marginale** par modélisation des **valeurs résidentielles** (**prix**).

Une distribution non-aléatoire (structurée) des lieux de résidence selon le type de ménage



Une distribution non-aléatoire des lieux de résidence selon le cycle de vie



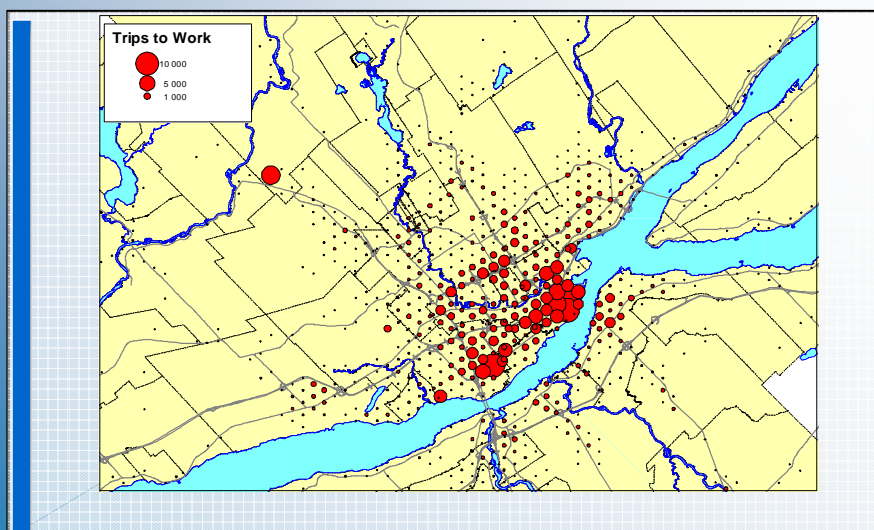
Comportements de mobilité et identification des lieux d'activité et des aires de marché



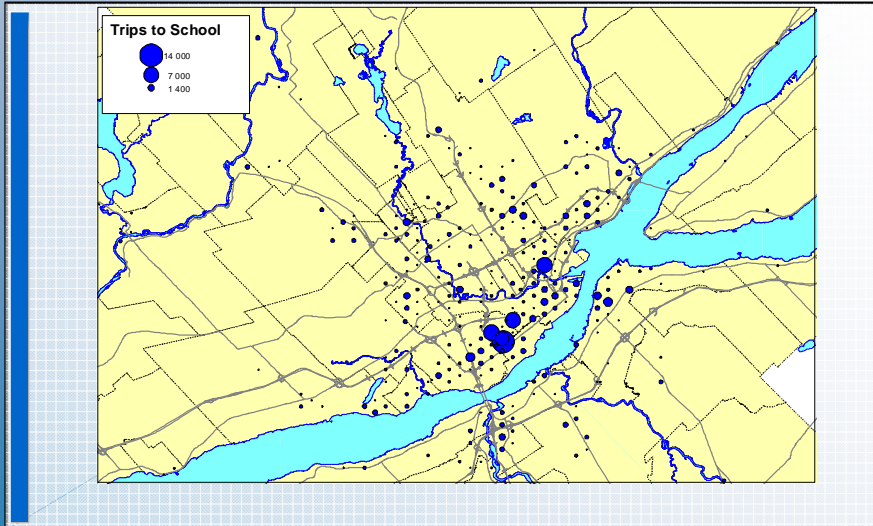
Les enquêtes Origines-Destinations (O-D) et l'étude des comportements de mobilité

- ▶ Les dynamiques urbaines sont en bonne partie reliées au **déplacement des personnes** à court et à long terme (**activités quotidiennes, lieux de travail, choix résidentiels**).
- ▶ Les **enquêtes O-D** constituent un outil répandu pour étudier les déplacements quotidiens des personnes à l'intérieur d'une région urbaine. Réalisées de façon périodique (**périodicité de 5 ans à Québec; échantillonnage de ± 8% de la population**), elles renseignent sur les **motifs de déplacement** (**travail, étude, magasinage, loisirs, ...**), les **modes de transport utilisés** (**auto, transport collectif, ...**), l'étalement temporel des **périodes de pointe** et la distribution spatiale des **flux de déplacement** (**trajets**).
- ▶ Elles permettent d'identifier avec précision les **pôles d'activité**, d'étudier leur agencement spatial, de délimiter les aires de marché et d'**intégrer l'accessibilité** dans la modélisation des **marchés fonciers**.

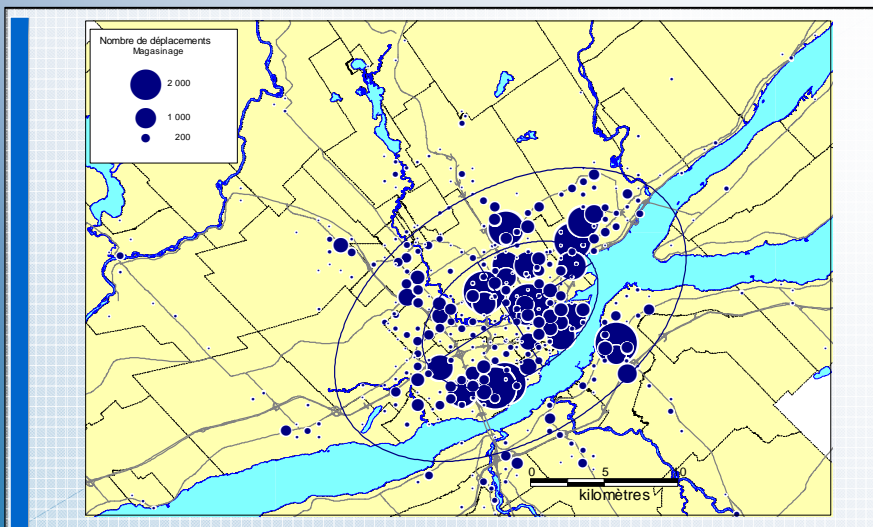
Localisation des lieux d'emploi en 2001



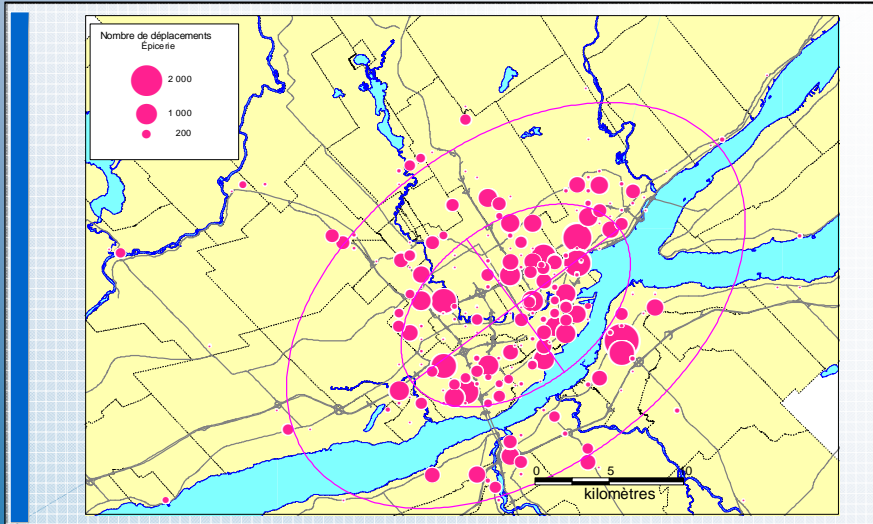
Localisation des lieux d'étude en 2001



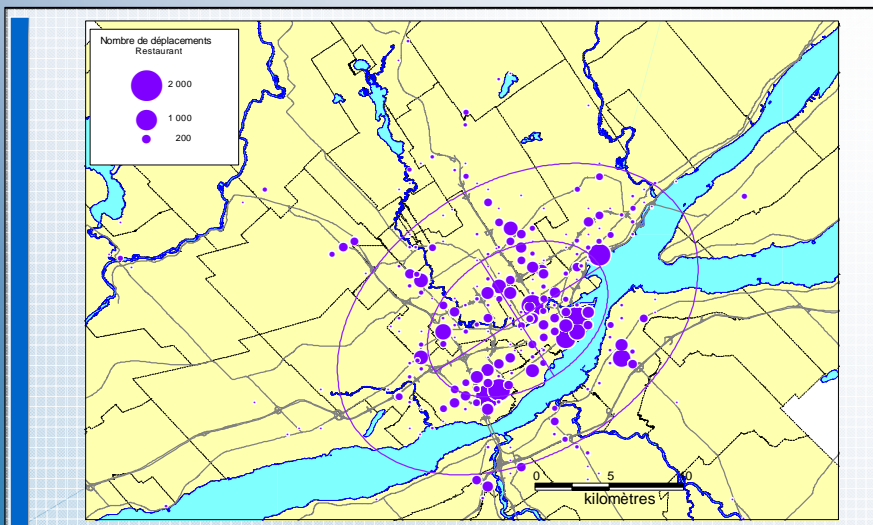
Localisation des lieux de magasinage en 2001



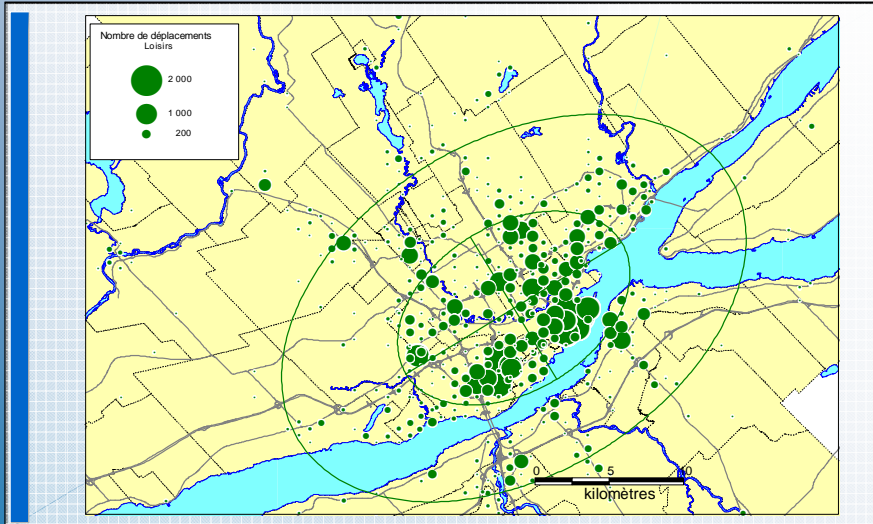
Localisation des lieux d'épicerie en 2001



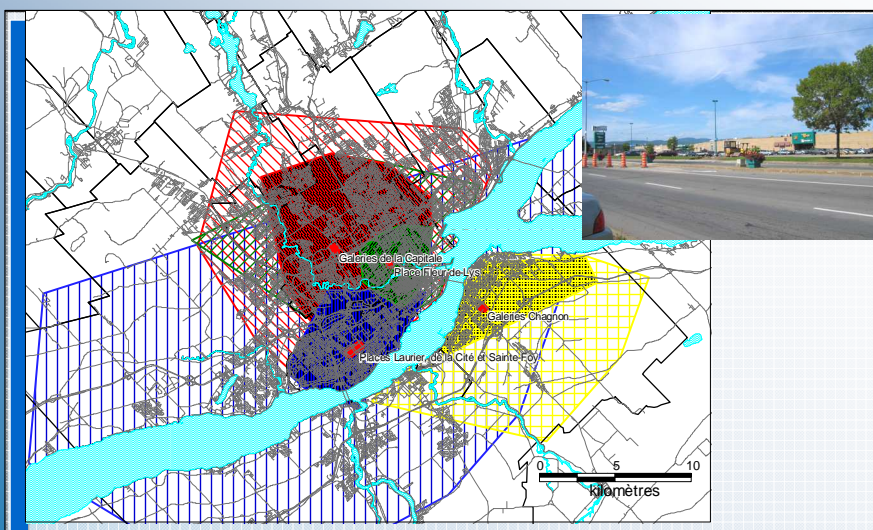
Localisation des lieux de restauration en 2001



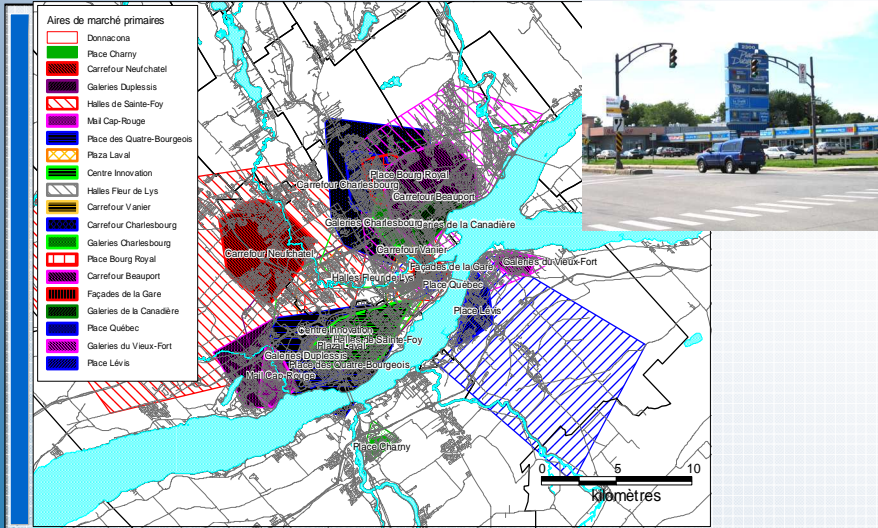
Localisation des lieux de loisirs en 2001



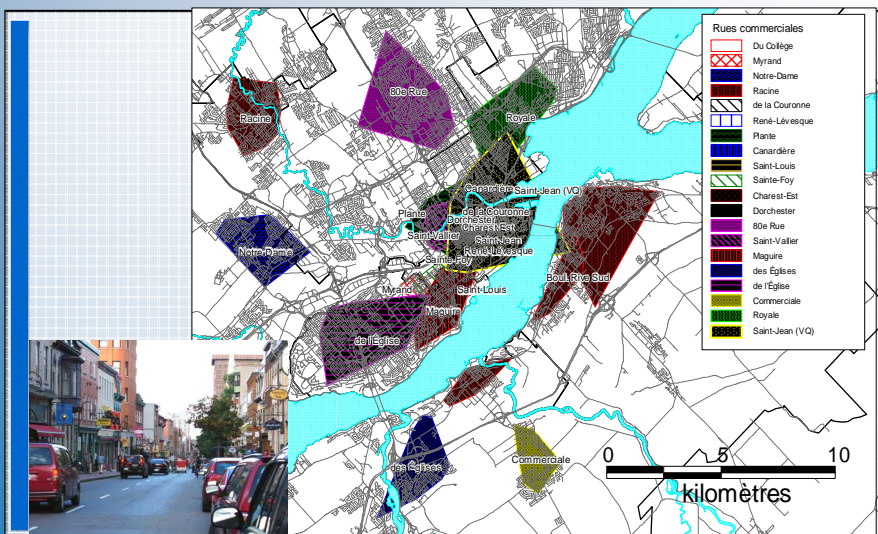
Aires de marché des centres commerciaux régionaux



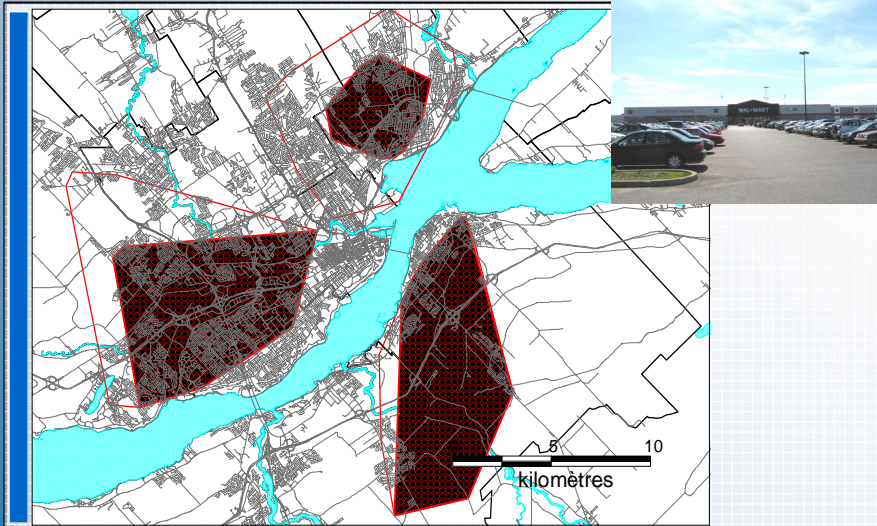
Aires de marché des centres de voisinage



Aires de marché des rues commerciales



Aires de marché des Magasins Wal-Mart



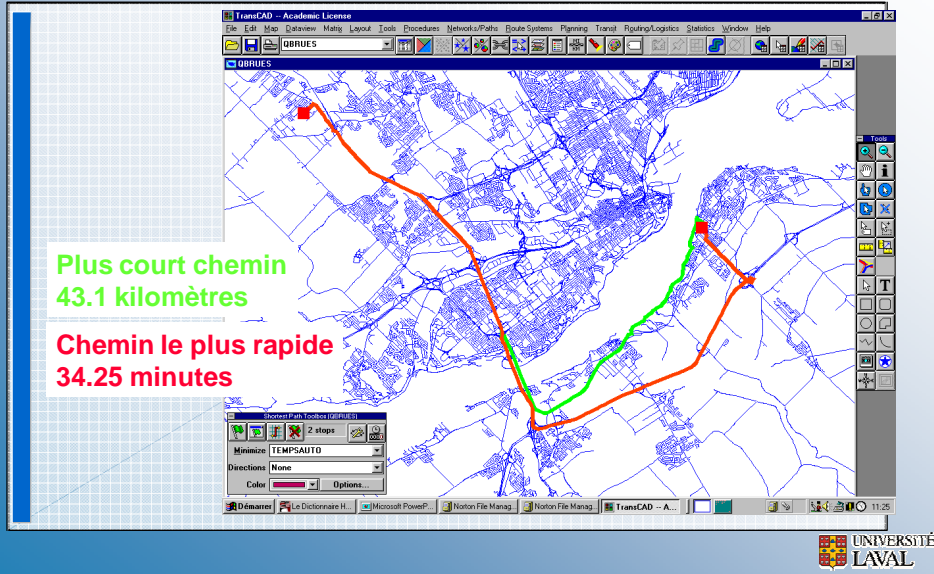
La modélisation des trajets et de l'accessibilité aux lieux d'activité



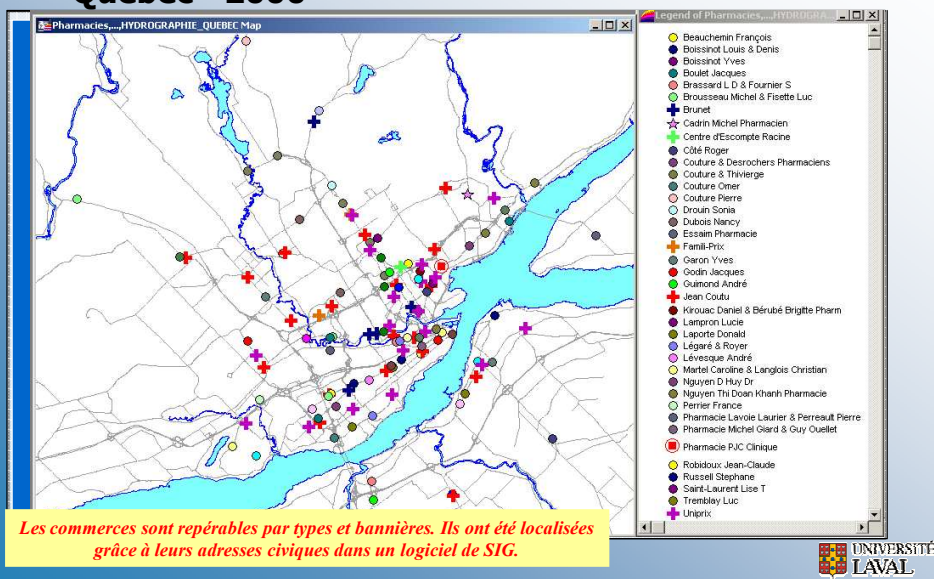
Modélisation des trajets dans un SIG

- ▶ Théorie des **graphes** – algorithme du plus court chemin dans un SIG transport (**TransCAD**).
- ▶ **Réseau routier non-planaire orienté avec contraintes d'impédance** (**vitesse maximale, capacité des voies, restrictions de virage, ...**).
- ▶ Recherche du chemin le plus court, le plus simple ou le plus **rapide (temps)** entre deux points: l'origine et la destination d'un déplacement sur le réseau.
- ▶ Permet d'ajouter des valeurs de **temps de déplacement** dans une enquête O-D en spécifiant le mode de transport utilisé : automobile, marche, vélo, autobus...
- ▶ En ce qui concerne cette étude, les modélisations concernent uniquement l'usage de l'**automobile**.
- ▶ En 2001, l'automobile (**conducteur ou passager**) accapare une **part modale supérieure à 73%** du total des déplacements à Québec.

Exemple de modélisation de trajet dans un logiciel de SIG (TransCAD)



Distribution des pharmacies dans la région de Québec - 2000

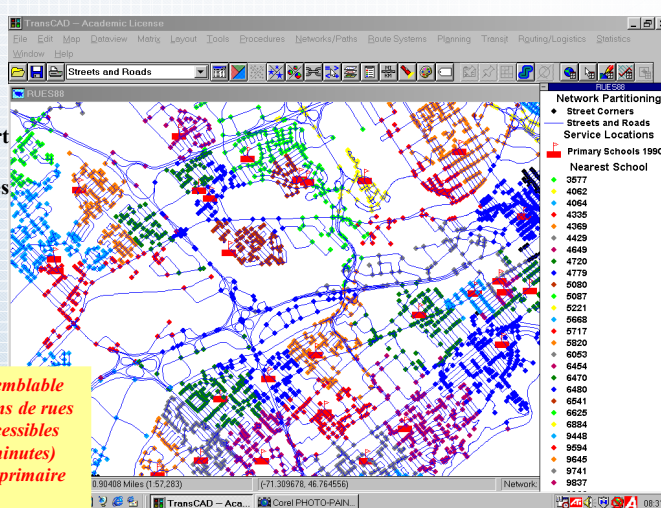


Modélisation des aires de desserte par proximité (distance ou temps minimal) sur le réseau routier

Détermination des aires de desserte autour de points de service dans un logiciel de SIG en application transport

(calcul des itinéraires optimaux sur un réseau routier)

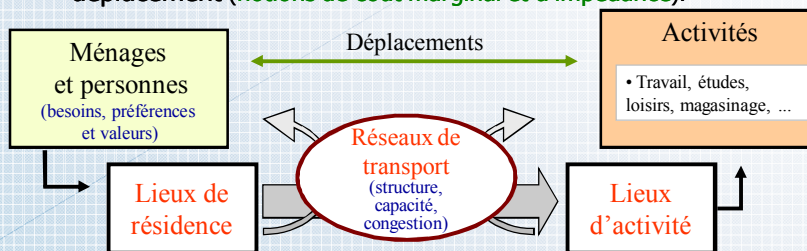
Les points de couleur semblable identifient les intersections de rues les plus rapidement accessibles (temps de marche en minutes) autour de chaque école primaire sur le territoire



Deux approches pour modéliser l'accessibilité

► Deux **approches concurrentes** pour mesurer le potentiel d'interaction

- **Modèles gravitaires** et simulation sur réseau – flux proportionnels à la taille des lieux d'activités et inversement proportionnels à l'impédance (distance, temps, coût).
- **Théorie économique de l'utilité** – emphase sur les préférences personnelles et les contraintes liées au déplacement (notions de coût marginal et d'impédance).



La modélisation de phénomènes complexes: l'analyse en composantes principales (ACP)

- ▶ L'accessibilité peut être mesurée pour une grande diversité de services, de catégories de ménages et d'activités, pour lesquels on obtient des évaluations particulières, ce qui pose un **problème de synthèse** pour mesurer l'accessibilité de manière plus globale.
- ▶ L'**analyse factorielle** en composantes principales (ACP) est une technique statistique qui permet de regrouper un grand nombre de variables fortement corrélées en un nombre limité de dimensions structurelles mutuellement indépendantes.
- ▶ Cet outil statistique permet notamment de faciliter la **mesure** et l'**interprétation de phénomènes complexes** qui sont à la base des dynamiques urbaines et immobilières, tels que l'accessibilité aux services, les cycles démographiques, les profils socio-économiques des ménages, etc.
- ▶ Modélisation de la **structure régionale d'accessibilité** par ACP.

ACP des temps de déplacement vers le point de service le plus proche et composantes globales d'accessibilité

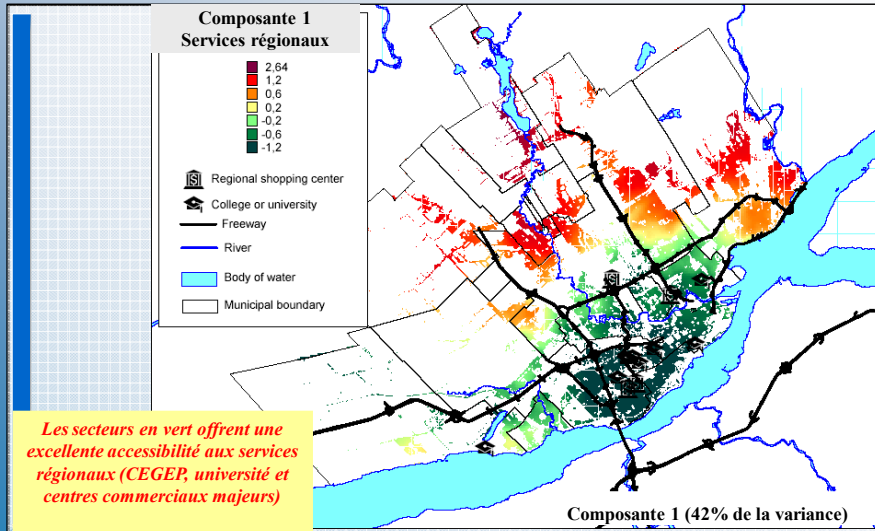
Components	Total variance explained					
	Extraction sums of squared loadings			Rotation sums of squared loadings		
	Principal component analysis			Varimax with Kaiser normalisation		
	Total	% of variance	Cumulative %	Total	% of variance	Cumulative %
ACF1	9.683	64.556	64.556	6.313	42.086	42.086
ACF2	1.668	11.122	75.678	5.039	33.592	75.678

Rotated component matrix

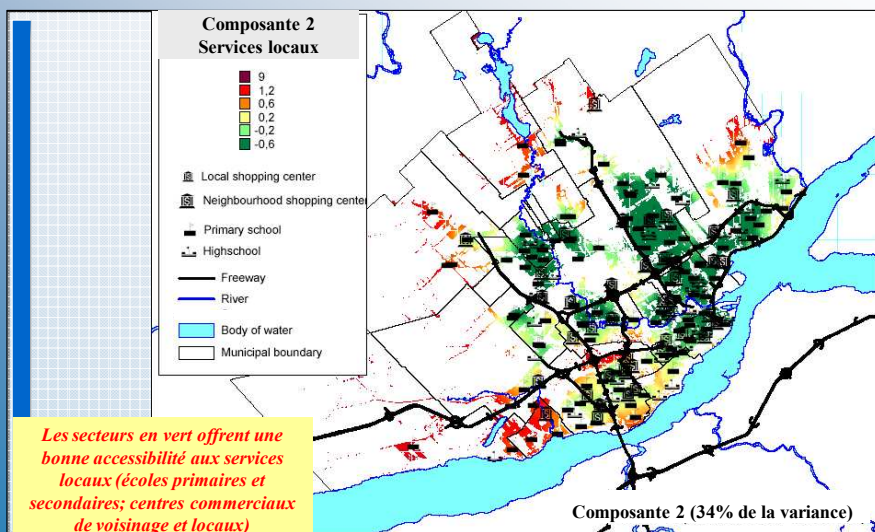
Travel times simulated with TransCAD using the road network with impedance and turn penalties (minutes)	Components	
	ACF1	ACF2
Travel time to nearest highway entrance by car	0.647	0.352
Travel time to nearest regional shopping centre by car	0.758	0.555
Travel time to nearest local shopping centre by car	0.557	0.727
Travel time to nearest neighbourhood shopping centre by car	0.546	0.671
Travel time to nearest high school by car	0.351	0.797
Travel time to nearest college or university by car	0.911	
Travel time to Laval University by car	0.916	
Travel time to downtown Quebec City by car	0.610	0.534
Travel time to downtown Sainte-Foy by car	0.893	
Travel time to "La Capitale" shopping centre by car	0.320	0.701
Walking time to nearest neighbourhood shopping centre	0.407	0.776
Walking time to nearest primary school		0.724
Walking time to nearest high school		0.847
Walking time to nearest college or university	0.801	
Walking time to Laval University	0.875	0.361

	Accessibility to regional services	Accessibility to neighbourhood services
Interpretation of positive values	Far away from regional-level services	Far away from local-level services
Interpretation of negative values	Close to regional-level services	Close to local-level services

Accessibilité aux services d'envergure régionale



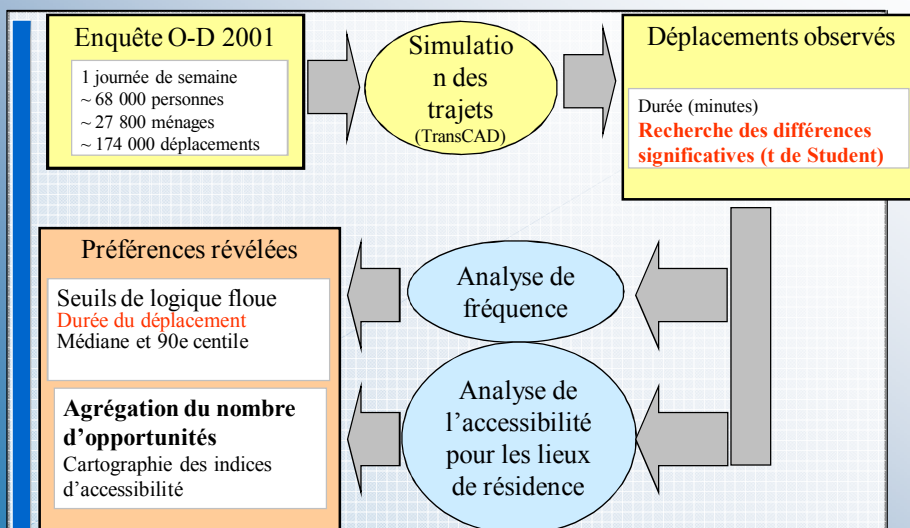
Accessibilité aux services d'envergure locale



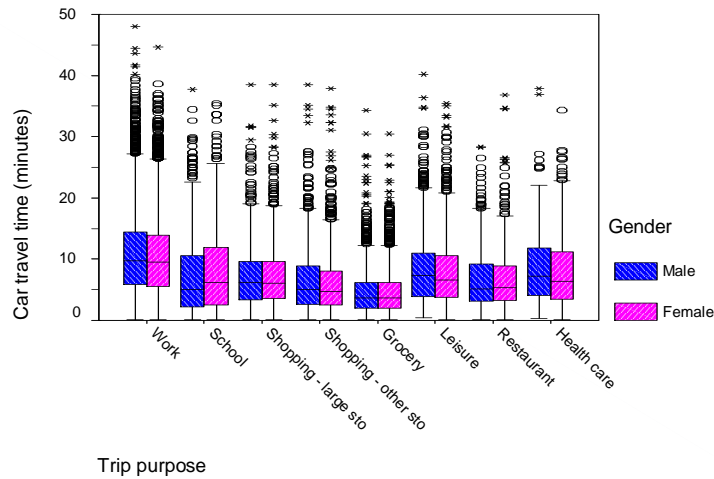
La modélisation de l'accessibilité perçue

- ▶ L'exemple précédent met l'emphasis sur les composantes spatiales pour modéliser l'accessibilité (lieux d'activité et réseaux).
- ▶ Cependant, l'**accessibilité réelle** (vécue ou perçue) varie en fonction des **caractéristiques des ménages** (motorisés ou non), **des personnes** (en fonction de leurs contraintes de motricité, de leurs goûts) et de **des valeurs** que chacun accorde au temps, au coût du transport, à la sécurité... Il y a une part **subjective** dans la notion d'accessibilité.
- ▶ On peut la modéliser en établissant le lien entre des **enquêtes de mobilité** (préférences révélées ou enquêtes O-D) afin d'intégrer la **dimension sociale** dans le concept et de calculer des **variantes d'accessibilité selon divers groupes** d'individus ou de ménages aux caractéristiques définies.
- ▶ Cette approche utilise la **logique floue** pour déterminer le nombre d'opportunités de lieux d'activité qui répondent à divers critères subjectifs de performance (**analyse multicritère + analyse statistique**).

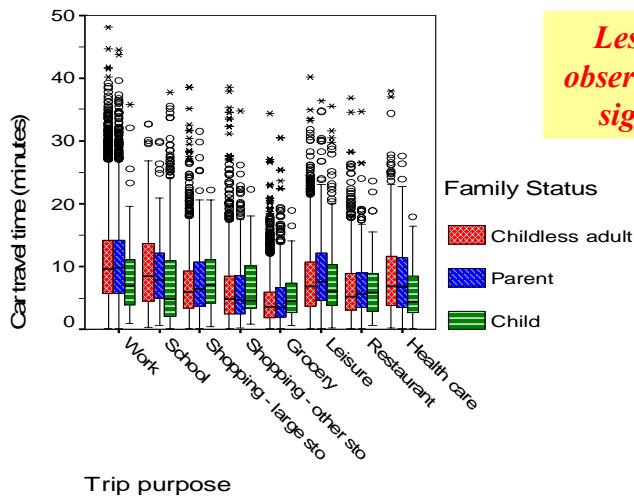
L'évaluation des préférences et des contraintes



Temps de déplacement comparés des hommes et des femmes selon le motif (Québec, O-D 2001)



Temps de déplacement comparé des adultes sans enfant, des parents et des enfants selon le motif



Les différences observées sont-elles significatives?

Temps de déplacement comparé par motif

Durée des déplacements

Motif du déplacement	Nombre de déplacements	Durée moyenne (minutes)	Variance
Travail	12 947	10.53	40.65
École	2 386	7.55	41.00
Shopping – grand magasin	3 249	6.98	22.52
Shopping – boutique	2 271	6.24	26.78
Épicerie	2 967	4.69	15.69
Loisirs	3 204	8.02	30.64
Restaurant	1 635	6.51	23.03
Santé	943	8.04	33.90

Test de différence des moyennes (t de Student)

Motif du déplacement	Travail	École	Shopping – grand magasin	Shopping – boutique	Épicerie	Loisirs	Restaurant	Santé
Travail		20.953	29.748	30.409	47.874	20.520	24.638	11.657
École	0.000		3.858	7.706	20.078	2.876	5.597	2.021
Shopping – grand magasin	0.000	0.000		5.533	20.588	8.055	3.254	5.713
Shopping – boutique	0.000	0.000	0.000		12.271	12.036	1.692	8.667
Épicerie	0.000	0.000	0.000	0.000		26.972	13.847	20.012
Loisirs	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000		9.337	0.120
Restaurant	0.000	0.000	0.001	0.091	0.000	0.000		7.191
Santé	0.000	0.043	0.000	0.000	0.000	0.904	0.000	

Haut de la diagonale: Valeur du t de Student; bas de la diagonale: signification statistique

Temps de déplacement par motif et groupe de personnes: Différences des moyennes significatives

Motif du déplacement	Groupe	Moyenne (minutes)	versus Groupe	Moyenne (minutes)	Student	Sig.
Travail	6 371 Femmes	10.30	6 576 Hommes	10.76	4.048	0.000
École	407 Adultes	9.89	1 979 Enfants	7.07	8.196	0.000
Shopping – grand magasin	2 521 Ménages sans enfant	6.81	601 Familles	7.54	3.414	0.001
Shopping – boutique	<i>Pas de différence significative entre les groupes</i>					
Épicerie	2 229 Ménages sans enfant	4.52	669 Familles	5.15	3.612	0.000
Loisirs	1 057 Femmes sans enfant	7.59	325 Mères	8.28	2.072	0.038
	1 013 Hommes sans enfant	8.25	268 Pères	9.34	2.706	0.007
	1 539 Femmes	7.72	1 665 Hommes	8.33	3.132	0.002
	2 663 Adultes	8.10	541 Enfants	7.59	1.971	0.049
Santé	859 Adultes	8.26	84 Enfants	5.76	3.781	0.000
Restaurant	<i>Pas de différence significative entre les groupes</i>					

L'élasticité à la durée du déplacement varie selon le motif, de même que selon la composition du ménage: **différences significatives** ménages sans enfant/familles, hommes/femmes, adultes seuls/pères ou mères, ...

En conséquence, leurs **fonctions d'utilité** sont **différentes**.

La pertinence du déplacement et des choix de lieu

- Selon Kim & Kwan (2003) la mesure de l'accessibilité doit prendre en compte "des seuils de durée d'activité et de déplacement afin de déterminer la pertinence de chaque opportunité quand on évalue le domaine des choix possibles dans l'espace et dans le temps".
- Notre définition de l'accessibilité à partir de chaque lieu de résidence considère **la facilité avec laquelle les personnes, résidant à un endroit donné, peuvent se déplacer pour rejoindre des lieux d'activité et des services: nombre d'opportunités atteignables dans des temps satisfaisants.**
- Les seuils de pertinence ont été calculés avec SPSS et sont basés sur la médiane des durées de déplacement (C_{50}) et le 90e centile (C_{90}).
- **Pertinence de chaque déplacement (logique floue):** [1] durée < médiane (C_{50}) est totalement pertinent (1), [2] durée > C_{90} n'est pas satisfaisant (0), [3] le degré de satisfaction des durées intermédiaires est obtenue par interpolation linéaire (entre 1 et 0).

Seuils de pertinence des lieux d'activité Durée du déplacement en minutes

Indice d'accessibilité	Motif du déplacement	Type de personne / ménage	C50	C90
AWork * Women	Travail	Femmes	9.5	18.6
AWork * Men		Hommes	9.8	19.3
ASchool * Adults	École	Adultes (16 ans et plus)	8.3	18.9
ASchool * Children		Enfants (15 ans et moins)	4.8	16.1
ALargeShop *				
ChildlessHld	Shopping – grand magasin	Ménages sans enfant	5.9	12.5
ALargeShop * Families		Familles	6.5	14.1
ASmallShops	Shopping – boutique		4.8	12.6
AGrocery * ChildlessHld	Épicerie	Ménages sans enfant	3.6	9.4
AGrocery * Families		Familles	3.5	11.2
ALeisure * ChlWomen	Loisirs	Femmes sans enfant	6.4	14.9
ALeisure * Mother		Mères	7.1	15.0
ALeisure * ChlMen		Hommes sans enfant	7.3	16.2
ALeisure * Father		Pères	8.3	17.6
ALeisure * Children		Enfants (15 ans et moins)	6.0	14.3
ARestaurant	Restaurant		5.3	12.6
AHealthCare * Adults	Santé	Adultes (16 ans et plus)	6.8	16.6
AHealthCare * Children		Enfants (15 ans et moins)	4.4	11.3

Calcul des indices d'accessibilité pour chaque combinaison de lieu de résidence, motif et groupe

- Les indices d'accessibilité sont calculés pour chaque groupe de personnes et motif (type d'activité):

$$A_i = \sum_{j=1}^m S_{ij} P_j \quad , \quad i \in 1, \dots, n \quad j \in 1, \dots, m$$

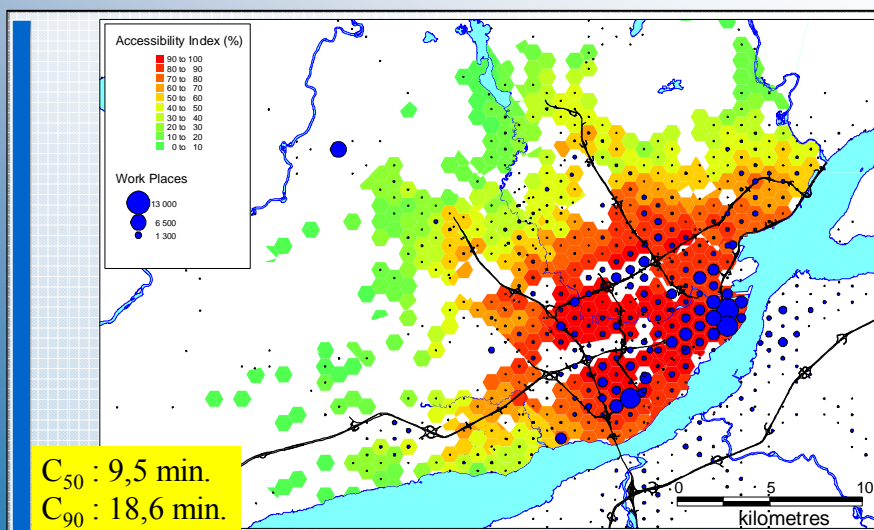
- A_i : Indice d'opportunité pour le lieu de résidence i (somme des opportunités),
- S_{ij} : Pertinence de se déplacer du lieu i pour atteindre l'activité localisée en j ,
- P_j : Nombre total d'opportunités pour l'activité considérée au lieu j .

$$A_i^* = 100 \left(\frac{A_i}{\max(A_1, A_2, \dots, A_n)} \right) \quad , \quad i \in 1, \dots, n$$

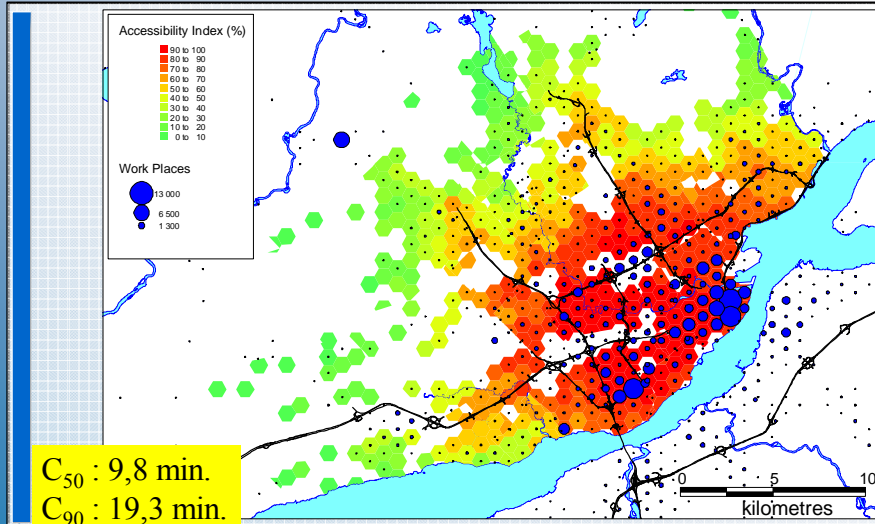
où

- A_i^* : Indice relatif d'accessibilité du lieu de résidence i en comparaison de la localisation optimale pour l'activité considérée.

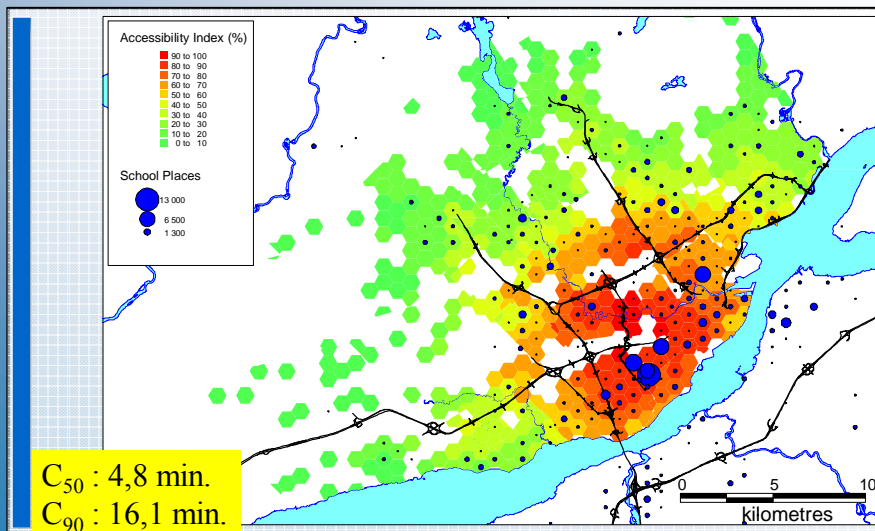
Accessibilité aux lieux de travail - Femmes



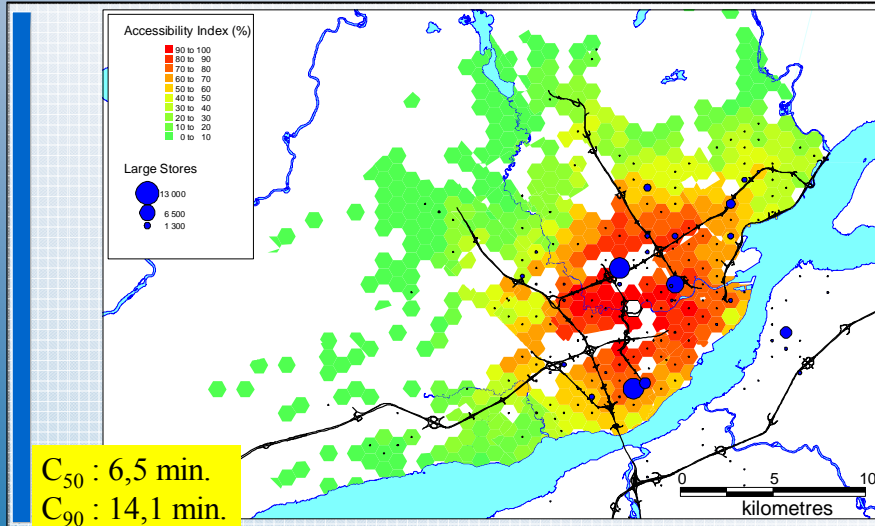
Accessibilité aux lieux de travail - Hommes



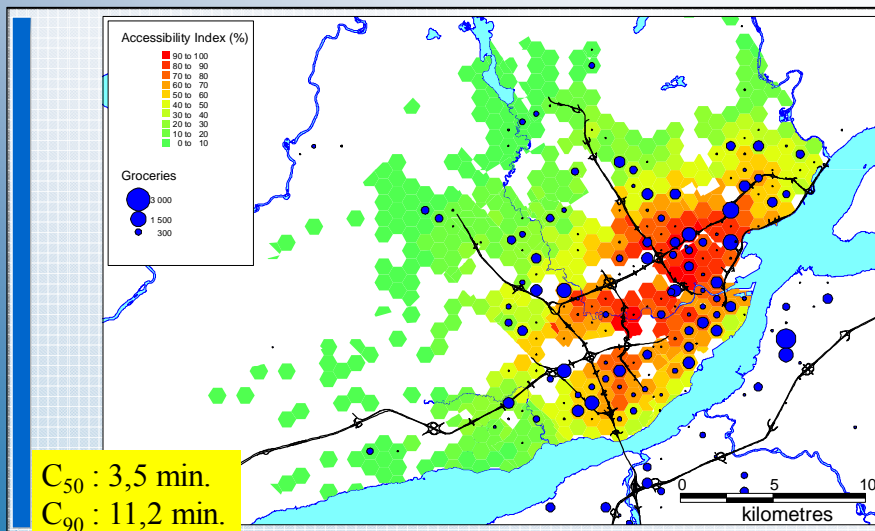
Accessibilité aux écoles - Enfants



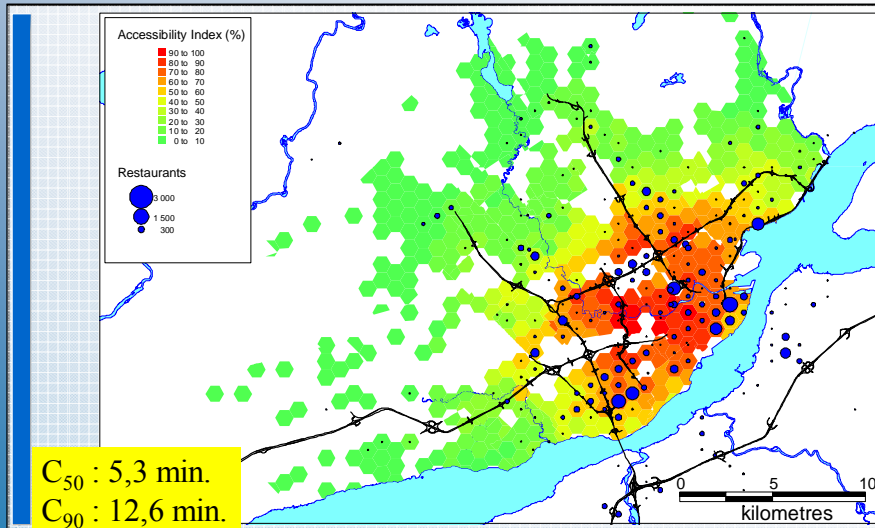
Accessibilité aux grands commerces - Familles



Accessibilité aux épiceries - Familles



Accessibilité aux restaurants



La modélisation hédonique des valeurs résidentielles: la mesure de l'utilité marginale de l'accessibilité pour divers types d'acheteurs



La modélisation hédonique des valeurs résidentielles

- ▶ La **modélisation hédonique** consiste à appliquer l'analyse de régression multiple à un **bien hétérogène** (par exemple, le logement) dont on connaît le prix de transaction et les caractéristiques.
- ▶ En évaluation et en économie urbaine, on s'en sert à la fois pour reconstituer la **valeur marchande des propriétés** (résidentielles, commerciales, ...) et pour déterminer la valeur contributive des attributs qui les composent.
- ▶ Le modèle hédonique génère une estimation du prix de vente d'une propriété en fonction de ses **attributs intrinsèques** (caractéristiques du bâtiment, du site, des dépendances, ...) et **extrinsèques** (accessibilité, statut socio-économique, environnement, ...).
- ▶ La **performance** tant prédictive qu'explicative du modèle est grandement **améliorée par le recours aux SIG** pour traiter la localisation.

Exemple simple de modélisation hédonique

Modélisation hédonique du marché résidentiel uni-familial de Victoriaville (février 1997 à août 1999)

Modèle	Variables utilisées	Variables retirées	Méthode
1	SUPTER, PISCHT, CLASSUP, THERMOPO, SDBAIN, CUISEXTR, NBPLOAR, PISCOEXC, AIREHAB, AIRFINSS, AGEAPP	,	Enter

a. Ensemble des variables utilisées pour la requête.

Sommaire du modèle				
Modèle	R	R carré	R carré ajusté	Erreur type
1	.893 ^a	.797	.778	\$5,783

a. Predictors: (Constant), SUPTER, PISCHT, CLASSUP, THERMOPO, SDBAIN, CUISEXTR, NBPLOAR, PISCOEXC, AIREHAB, AIRFINSS, AGEAPP

Analyse de variance ^b						
Modèle		Somme des carrés	df	Moyenne des carrés	F	Sig.
1	Régression	1.483E+10	11	134899635.9	41.459	.000 ^a
	Résidu	3773019754	116	32526032.362		
	Total	1.861E+10	127			

a. Préviation: (Constant), SUPTER, PISCHT, CLASSUP, THERMOPO, SDBAIN, CUISEXTR, NBPLOAR, PISCOEXC, AIREHAB, AIRFINSS, AGEAPP
b. Variable dépendante: PRIXYTE

La modélisation hédonique permet de déterminer la valeur contributive de chaque attribut intrinsèque de la résidence et ainsi d'en reconstituer la valeur marchande (cet exemple).

Elle permet aussi de mesurer l'effet des externalités urbaines sur les prix de transaction (accessibilité, proximité des services, statut socio-économique, qualité de la vue, nuisances, etc.). Les SIG permettent d'alimenter l'analyse statistique en générant les données nécessaires pour mesurer ces effets des externalités.

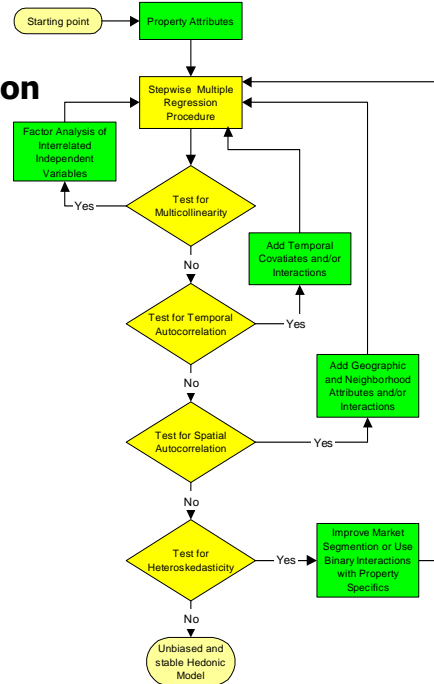
Modèle		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés		t	Sig.	Statistiques de collinéarité	
		B	Erreur type	Beta	Beta			Tolérance	VIF
1	(Constante)	\$30,709	\$4,789			8.083	.000		
	AGEAPP	-.5717	.579	-.445	-.305	-0.955	.000	.724	1.381
	AIREHAB	\$353	\$47	.385	.747	7.477	.000	.733	1.364
	AIRFINSS	\$43	\$16	.116	2.392	.018	.018	.740	1.336
	CLASSUP	\$5,398	\$1,517	-.178	3.559	-.001	.001	.703	1.423
	SDBAIN	\$3,422	\$1,178	.141	2.903	.004	.004	.730	1.354
	CUISEXTR	\$2,015	\$673	.138	2.994	.003	.003	.819	1.221
	THERMOPO	\$6,708	\$2,205	.135	3.043	.003	.003	.892	1.121
	NBPLOAR	\$3,308	\$816	.192	4.042	.000	.000	.775	1.280
	PISCOEXC	\$9,523	\$2,194	.212	4.340	.000	.000	.733	1.365
	PISCHT	\$3,375	\$1,184	-.126	2.850	.005	.005	.896	1.116
SUPTER	\$4.28	\$1.24	-.158	3.439	.001	.001	.825	1.212	

a. Variable dépendante: PRIXYTE

La procédure de modélisation

■ Selon les règles de la statistique, pour qu'un modèle soit valide (non biaisé par les données), il doit respecter une série de contraintes:

- Absence de **multicollinéarité** (variables indépendantes et non redondantes)
- Absence d'**hétéroscédasticité** (distribution aléatoire des résidus et non reliée aux attributs)
- Absence d'**autocorrélation spatiale** (résidus distribués dans l'espace de manière aléatoire)
- Absence d'**autocorrélation temporelle** (pas de tendance chronologique dans les résidus)



Modélisation hédonique de l'accessibilité

- ▶ La modélisation hédonique permet de mesurer la **contribution marginale de l'accessibilité** sur la **rente foncière** en contrôlant pour les autres attributs des propriétés transigées (caractéristiques propres et autres externalités).
- ▶ Test empirique de l'effet sur le prix de vente de **952 résidences unifamiliales de Québec entre 1993 et 1996**. On connaît les profils socio-économiques des acheteurs grâce à l'enquête évoquée plus haut.
- ▶ **Comparaison de deux approches** pour mesurer l'accessibilité:
 - ▶ Par **analyse en composantes principales des temps d'accès** à divers services urbains (**sélection de l'opportunité la plus près du domicile, tous motifs et types d'acheteurs confondus**).
 - ▶ Par **dénombrement du nombre d'opportunités** situées à une distance satisfaisante de la résidence (**logique floue et seuils de pertinence par motif et type d'acheteur**).

Travaux similaires (1)

- ▶ En analyse économique, les modèles sont habituellement basés sur le concept de **centralité (fonction de distance)** et l'**accessibilité** au centre-ville (**modèle urbain monocentrique**).
- ▶ Selon McMillen (**2003 – Chicago**) des décennies d'**étalement urbain** ont eu peu d'effet sur la prévalence du concept de centralité.
- ▶ Plusieurs études ont **mesuré les impacts** de la proximité et de l'accessibilité aux services sur la valeur des propriétés: Guntermann & Colwell 1983, Colwell, Gujral & Coley 1985, Colwell 1990, Grieson & White 1989, Sirpal 1994, So *et al.* 1997, Smersh & Smith 2000, Des Rosiers *et al.* (**1996, 2001 & 2003 – Québec**).
- ▶ Certaines études **mettent en doute le caractère universel** de l'effet de l'accessibilité sur les prix de vente des maisons et la mobilité résidentielle (**McGreal *et al.* 1999 – Belfast & Bordeaux**).

Travaux similaires (2)

- ▶ Dans les villes polycentriques, les distances euclidiennes sont insuffisantes pour bien modéliser l'accessibilité (Jackson 1979, Dubin & Sung 1987, Niedercorn & Ammari 1987, Hoch & Waddell 1993).
- ▶ Même le calcul des temps de déplacement peut s'avérer insuffisant pour bien spécifier l'accessibilité (Bateman *et al.* 2001).
- ▶ Selon Levinson (1996 – Washington), la sub-urbanisation du marché de l'emploi stabilise la durée des déplacements en dépit de la congestion routière.
- ▶ Selon Helling (1996 – Atlanta), l'effet de l'accessibilité par automobile vers les marchés de l'emploi n'est pas uniforme pour toutes les personnes (différences hommes/femmes); les indices de gravité ne fournissent qu'une information partielle.
- ▶ Srour *et al.* (2002 – Dallas-Fort Worth) utilisent simultanément des indices globaux et des indices d'accessibilité spécifiques pour modéliser les marchés (valeurs) résidentiels et commerciaux.

Base de données et procédure de modélisation

- ▶ Base de données : 952 résidences unifamiliales vendues à Québec entre 1993 et 1996 – prix de vente entre 50 000\$ et 460 000\$.
- ▶ Forte variance des prix – forme multiplicative – variable dépendante logarithme du prix de vente
- ▶ Trois étapes:
 - ▶ Modèle 1 : Ln Prix = f [Attributs Spécifiques, Inflation, Taxes]
 - ▶ Modèle 2 : Ln Prix = f [S, I, T, ACP accessibilité aux services les plus proches – synthèse des temps de déplacement]
 - ▶ Modèle 3 : Ln Prix = f [S, I, T, ATS accessibilité relative aux opportunités par types de services et groupes de personnes]
- ▶ Enquête téléphonique auprès des acheteurs : accessibilité importante dans le choix du quartier. Vérification de l'effet selon l'âge et le revenu de l'acheteur:
 - ▶ Modèle 3a : Ln Prix = f [S, I, T, ATS * Age]
 - ▶ Modèle 3b : Ln Prix = f [S, I, T, ATS * Revenu]

Résultats – performance des 3 modèles

Model Summary							
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Maximum VIF	Residuals Moran's I	Sig.
1	.858	.736	.731	.17959	3.050	0.2827	.002
2	.884	.782	.777	.16330	3.053	0.2376	.008
3	.874	.763	.758	.17040	3.060	0.2732	.003

ANOVA						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	83.884	18	4.660	144.487	.000
	Residual	30.093	933	.032		
	Total	113.977	951			
2	Regression	89.126	20	4.456	166.951	.000
	Residual	24.851	931	.027		
	Total	113.977	951			
3	Regression	86.973	21	4.142	142.631	.000
	Residual	27.004	930	.029		
	Total	113.977	951			

Tous les modèles performant bien en dépit de la présence d'autoco Le modèle 2 performe mieux au plan statistique

Résultats – coefficients des 3 modèles

	Model 3			
	B	Std. Err	Beta	t
(Constant)	11.50028	.05038		228.3
LotSizeSqrMetres	.00008	.00002	.080	4.2
Bungalow * LivArea	.00228	.00017	.346	13.6
Cottage * LivArea	.00247	.00012	.565	20.2
Attached * LivArea	.00112	.00026	.076	4.3
AppAge				
Washrooms				
Fireplace				
HardWoodStair				
HighQualFloor				
Terrace				
Brick51FC				
Clapbord51				
SimpAttGarage				
DoubAttGarage				
DoubDetGarage				
ExcaPool	.18383	.02617	.125	7.0
Month93Jan	-.00184	.00045	-.070	-4.0
Tax_OvUnzdRate	-.25656	.01589	-.292	-16.1
Acces_Factor1	.12485	.00959	.322	13.0
Acces_Factor2	.04177	.00871	.090	4.8
AWork * NoWorkerHld				
AWork * WorkerHld				
Centrality Index				

Modèle 3 : L'accessibilité relative aux lieux d'emploi est très importante, même quand on contrôle pour l'effet de centralité.

Les indices d'accessibilité relative basés sur des seuils de préférences révélées fournissent une image plus nuancée de l'accessibilité.

Modèle 2 : L'ACP améliore sensiblement les performances.

La plupart des coefficients sont stables mais...

entre ces variables et la forme urbaine.

Résultats – différenciation des effets d'accessibilité selon le profil du ménage acheteur

Model	Accessibility index	R Square	SE Estimate	B	Std. Err	Beta	t	VIF
4 Schools	ASchool * Family	.765	.1678	.00333	.00035	.279	9.6	3.431
	ASchool * ChildlessHld			.00255	.00032	.220	8.0	3.068
	Centrality Index			.00146	.00050	.058	2.9	1.572
9 Health care	AHealthCare * Family	.766	.1673	.00342	.00035	.265	9.9	2.947
	AHealthCare * ChildlessHld			.00262	.00033	.199	7.9	2.574
	Centrality Index			.00124	.00050	.049	2.4	1.618
10 Restaurants	ARestaurant	.768	.1668	.00323	.00032	.212	10.1	1.801
	Centrality Index			.00120	.00050	.047	2.4	1.608

L'accessibilité aux écoles et aux soins de santé pour les familles ainsi que l'accessibilité aux restaurants pour l'ensemble de la population exerce une forte influence sur la variation des prix de vente.

Dans tous les cas, les indices d'accessibilité relative ont un impact plus important que la centralité (modèle gravitaire).

Résultats – ajustement des effets d'accessibilité selon l'âge et le revenu des acheteurs

Model	Accessibility index	R Square	SE Estimate	B	Std. Err	Beta	t	VIF
3a Work places Age groups	AWork * Age34less	.757	.1704	.00220	.00037	.155	5.9	2.698
	AWork * Age35-44			.00301	.00033	.306	9.0	4.507
	AWork * Age45-54			.00324	.00033	.318	9.7	4.236
	AWork * Age55more			.00317	.00039	.194	8.1	2.229
3b Work places Household Income level	AWork	.771	.1655	.00311	.00037	.179	8.3	1.914
	AWork * Income<60K\$			-.00111	.00024	-.098	-4.7	1.811
	AWork * Income60-80K\$			-.00060	.00024	-.050	-2.5	1.682
	AWork * Income80-100K\$			-.00029	.00026	-.021	-1.1	1.544
	AWork * income>100K\$.00074	.00025	.060	2.9	1.737
	Centrality Index			.00192	.00049	.076	3.9	1.582

Modèle 3a : Les acheteurs âgés de 35 à 54 ans sont prêts à payer une prime de marché substantielle pour obtenir une résidence avec une bonne accessibilité relative aux marchés d'emploi.

Modèle 3b : Les ménages à revenus élevés tentent de maximiser leur accessibilité au marché du travail: sous contrainte de revenu, les ménages doivent accepter des déplacements plus longs pour bénéficier d'une baisse du prix du terrain (effet de rente foncière).

La modélisation hédonique des valeurs résidentielles: l'interaction entre l'accessibilité et l'utilité marginale des caractéristiques intrinsèques de la résidence



Modèle hédonique mesurant les interactions



Modèle hédonique des prix de vente de bungalows transigés sur le territoire de la CUQ en 1990-91
Modèle en forme multiplicative tenant compte des interactions entre les prix de vente et les composantes socio-économiques et d'accessibilité

Cette forme de modèle détermine la contribution marginale relative de chaque attribut de la résidence en prenant éventuellement en compte la localisation de cette dernière dans l'agglomération, lorsque cette contribution varie dans l'espace, considérant les effets différentiels d'accessibilité, de milieu socio-économique et des externalités urbaines, ainsi que leurs interactions.

$$EstModelF_i = \$43480.59 Sc[\ln AppAge_i] Sc[\ln LotSize_i] Sc[LivArea_i] Sc[WaterSewer_i] Sc[InfFound_i] e^{0.010718lnFndk} Sc[CathCeil_i] Sc[InfCeilQual_i] Sc[Skylight_i] e^{0.87136Qndbty} Sc[Washrooms_i] e^{0.02942Fireplace_i} e^{0.04489HardwShetr_i} e^{0.02414Kitch} Sc[KitchCab_i] e^{0.03194DistMotorExit_i} e^{0.05108ContFacsim} Sc[Veranda_i] e^{0.83603Bndwrvy} e^{0.10037EvcordFoot_i} e^{0.04608LstGarage_i} e^{0.04759DistGarage_i} Sc[Shed80cf_i] Sc[LTaxRate_i] Sc[ReITaxDif_i] e^{-0.87162Motorway15} Sc[DistMotorExit_i] e^{-0.05966ACF1_i} e^{-0.03799ACF2_i} e^{0.01753CSF1_i} e^{-0.08853CSF2_i} e^{0.07540CSF3_i} e^{-0.01385CSF4_i}$$

- [1] $Sc[\ln AppAge_i] = e^{(-0.12624 \ln AppAge_i + (0.01234 \ln AppAge_i - 0.00855) \ln AppAge_i - 2.48170) (CSF_2 + 0.01373)}$
- [2] $Sc[\ln LotSize_i] = e^{(0.05931 \ln LotSize_i + (-0.01947) \ln LotSize_i - 6.43297) (CSF_2 + 0.01373) + (0.02342) \ln LotSize_i - 6.43297) (CSF_3 - 0.09166)}$
- [3] $Sc[LivArea_i] = e^{(0.00430 \ln LivArea_i + (0.00070 \ln LivArea_i))}$
- [4] $Sc[WaterSewer_i] = e^{(-0.11031) (WaterSewer_i - 0.99000) (CSF_4 - 0.25839)}$
- [5] $Sc[InfFound_i] = e^{(-0.05879) (InfFound_i)}$
- [6] $Sc[CathCeil_i] = e^{(0.01826) (CathCeil_i) + (-0.01709) (CathCeil_i - 0.17066) (CSF_2 + 0.01373)}$
- [7] $Sc[InfCeilQual_i] = e^{(-0.10458) (InfCeilQual_i) + (0.07985) (InfCeilQual_i - 0.08853) (CSF_2 + 0.01373)}$
- [8] $Sc[Skylight_i] = e^{(0.07677) (Skylight_i) + (0.14676) (Skylight_i)}$
- [9] $Sc[Washrooms_i] = e^{(0.05448) (Washrooms_i) + (-0.02594) (Washrooms_i - 1.25406) (ACF_1 - 0.42520)}$
- [10] $Sc[KitchCab_i] = e^{(0.02565) (KitchCab_i) + (0.02122) (KitchCab_i)}$
- [11] $Sc[Veranda_i] = e^{(0.00763) (Veranda_i) + (-0.01660) (Veranda_i - 0.47702) (ACF_2 - 0.01191)}$
- [12] $Sc[Shed80cf_i] = e^{(0.02050) (Shed80cf_i) + (-0.01686) (Shed80cf_i - 0.4572) (CSF_3 - 0.09166) + (0.02090) (Shed80cf_i - 0.4572) (CSF_4 - 0.25839)}$
- [13] $Sc[LTaxRate_i] = e^{(0.02339) (LTaxRate_i - 2.3847) (CSF_2 + 0.01373) + (-0.05578) (LTaxRate_i - 2.3847) (CSF_3 - 0.09166) + (-0.01779) (LTaxRate_i - 2.3847) (CSF_4 - 0.25839)}$
- [14] $Sc[ReITaxDif_i] = e^{(-0.20759) (ReITaxDif_i) + (0.02660) (ReITaxDif_i - 0.1469) (CSF_2 + 0.01373) + (-0.03020) (ReITaxDif_i - 0.1469) (CSF_3 - 0.09166) + (-0.03092) (ReITaxDif_i - 0.1469) (CSF_4 - 0.25839)}$
- [15] $Sc[DistMotorExit_i] = e^{(0.01176) (DistMotorExit_i) - 1.5066 (CSF_2 + 0.01373)}$

$$[16] Nhd.Attribute = \frac{\sum_{i=1}^k Attribute_i / Dist_i^2}{\sum_{i=1}^k Dist_i^2}, i = k \text{ and } Pdf.Attribute = Attribute_i - Nhd.Attribute$$

Application : mesurer la rente de localisation

Valeur relative d'un terrain de 1000 mètres carrés vendu avec un bungalow en 1990-91

Le coefficient d'ajustement est appliqué à la valeur de la propriété

La taille moyenne des terrains de la CUQ est de 700 mètres carrés

Coefficient d'ajustement relatif

1.60
1.52
1.48
1.44

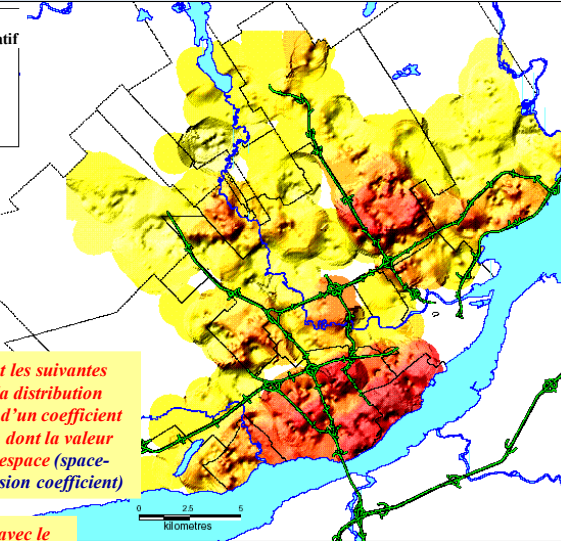
Road Network
 Motorways
 Main Roads

Hydrography
 River
 Stream
 Lake / River

Municipalities
 Boundaries

Cette carte et les suivantes présentent la distribution géographique d'un coefficient de régression dont la valeur varie dans l'espace (space-varying regression coefficient)

La valeur d'un grand terrain augmente avec le statut socio-économique des résidents du secteur et l'accessibilité aux services régionaux



Application : mesurer la valeur locale d'un attribut

Contribution marginale de la seconde salle de bain dans un bungalow vendu en 1990-91

Contribution marginale de la seconde salle de bain

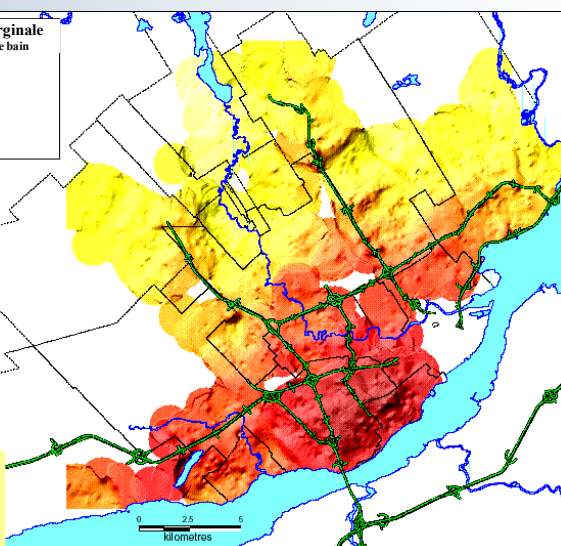
1.12
1.09
1.06
1.03
1

Road Network
 Motorways
 Main Roads

Hydrography
 River
 Stream
 Lake / River

Municipalities
 Boundaries

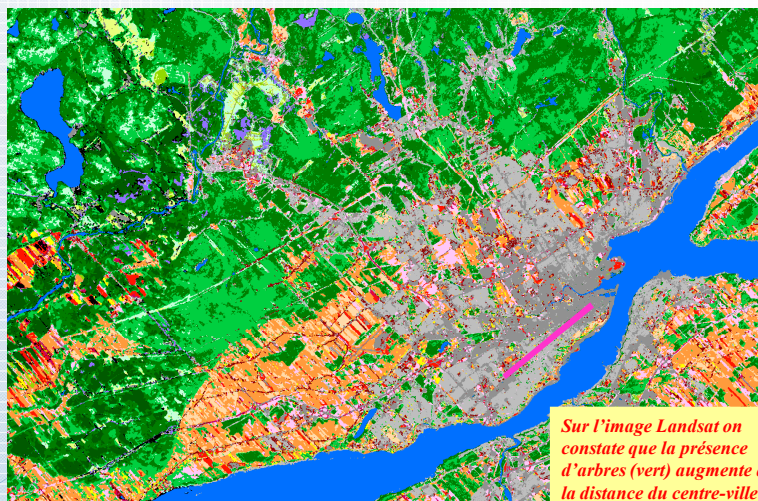
La seconde salle de bain apporte une valeur supplémentaire (9% à 12%) dans les secteurs bénéficiant d'une bonne accessibilité aux services régionaux; dans les secteurs moins accessibles, le marché ne valorise pas cet attribut



La modélisation hédonique des valeurs résidentielles: le compromis entre l'accessibilité aux services et la qualité environnementale du voisinage de la résidence



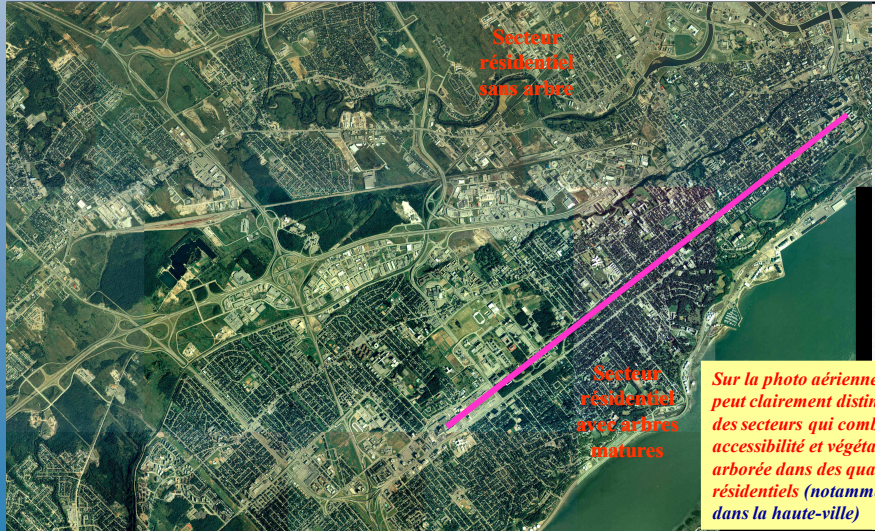
Mesure d'un effet complexe : Végétation versus Accessibilité
Image Landsat de la région de Québec (pixels de 20 mètres)



— CBD: constitué de l'axe Parlement – Place Laurier



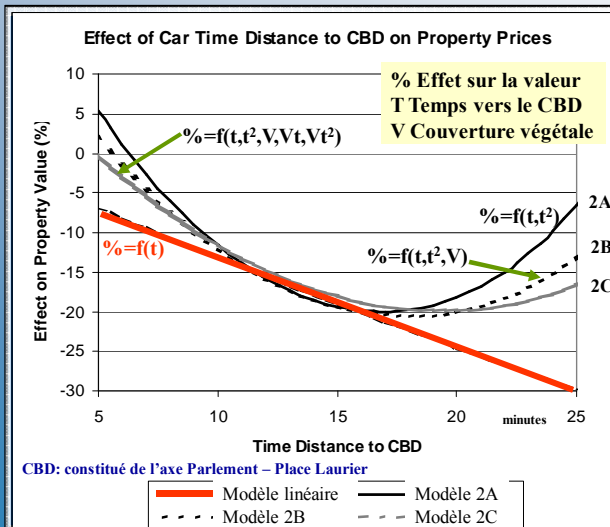
Mesure d'un effet complexe : Végétation versus Accessibilité Photographie aérienne du centre de Québec (1:20 000)



Sur la photo aérienne on peut clairement distinguer des secteurs qui combinent accessibilité et végétation arborée dans des quartiers résidentiels (notamment dans la haute-ville)

— CBD: constitué de l'axe Parlement – Place Laurier

Mesure d'un effet de compétition : probabilité de choisir une maison avec des arbres matures versus l'accessibilité au centre



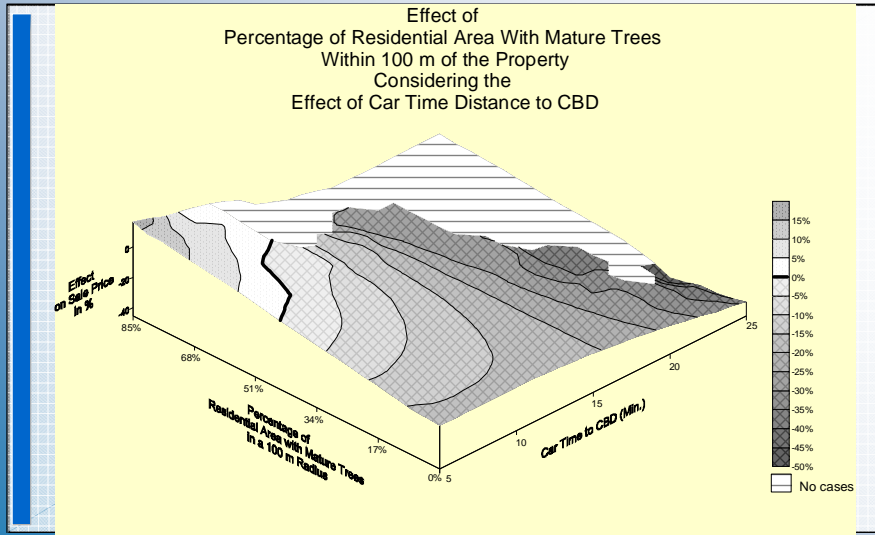
Modèle linéaire: Effet linéaire du temps de déplacement en automobile vers le centre-ville sur la valeur des maisons unifamiliales (cottages).

Modèle 2A: Effet quadratique du temps de déplacement en automobile vers le centre-ville sur la valeur des maisons unifamiliales (cottages).

Modèle 2B: Effet quadratique du temps de déplacement en automobile vers le centre-ville pondéré par l'effet de couverture végétale (NDVI) dans le voisinage immédiat.

Modèle 2C: Effet quadratique du temps de déplacement en automobile vers le centre-ville pondéré par l'effet de couverture végétale (NDVI) dans le voisinage immédiat avec interaction temps de déplacement-végétation.

Mesure d'un effet de compétition : probabilité de choisir une maison avec des arbres matures versus l'accessibilité au centre



Conclusion et références



Conclusion (1)

- ▶ Cette recherche confirme la **complémentarité** et la **complexité** des concepts de **centralité** et d'**accessibilité** ainsi que leurs liens avec la **mobilité**, les **préférences**, les **valeurs** et les **contraintes** des personnes et des ménages.
- ▶ Bien qu'ils prennent place à des **échelles individuelles** et différenciées, tous ces facteurs jouent, par **agrégation**, un rôle **capital dans les dynamiques urbaines**, sur les plans sociaux, économiques et structurels. À long terme, ce sont des **déterminants de la forme urbaine et de la rente foncière**.
- ▶ Ces études **confirment nos hypothèses centrales**:
 - ▶ 1- En fonction de leurs moyens et de leurs besoins, les personnes doivent composer avec des **contraintes différentes** et, par conséquent, ne sont pas également disposées à se déplacer pour rejoindre les lieux d'activité, ce qui induit une **perception différenciée de l'espace urbain**.
 - ▶ 2- La **propension à payer pour la centralité et l'accessibilité** aux services lors du **choix de localisation résidentielle** sera différente pour divers groupes de personnes ayant des perceptions hétérogènes de l'espace urbain et des besoins différents.

Conclusion (2)

- ▶ Les méthodologies développées font un **usage intensif des technologies géomatiques, de l'analyse spatiale et de l'analyse statistique** afin de proposer des **approches renouvelées** pour modéliser les dynamiques urbaines et les liens intersectoriels qui les caractérisent avec des méthodes de **modélisation réalisées à l'échelle où les processus se réalisent**.
- ▶ De tels modèles préparent le terrain pour des **applications de micro-simulation des dynamiques urbaines** avec des **méthodes multi-agents**.
- ▶ Notre équipe est impliquée dans divers projets de recherche d'envergure nationale et internationale visant à développer ces méthodologies de micro-simulation. Mentionnons notamment:
 - ▶ Le **réseau PROCESSUS** financé par le CRSH (Grands travaux de recherche concertée – Universités Laval, de Toronto, de Calgary, McMaster, McGill, Wilfrid-Laurier et INRS-UCS).
 - ▶ Le **réseau GEOIDE** financé par le CRSNG et le CRSH (Projet MUSCAMAGS – Universités Laval, Queen, Wilfrid-Laurier, McMaster).
 - ▶ Et un **réseau de collaborateurs internationaux**: Imperial College London, University of Sydney, University of Stuttgart, Utrecht, Amsterdam, École Navale de France, ...

Références bibliographiques (1)

- Thériault M., Des Rosiers F. & Joerin F. (2004) The effects of accessibility on house values: Its links to households' daily mobility behaviour. *Journal of Property Investment and Finance*. In press.
- Kestens Y., Thériault M. & Des Rosiers F. (2004) Impact of surrounding land use and vegetation on single family house prices. *Environment and Planning B: Planning and Design* 31(4): 539-567.
- Thériault M. & Des Rosiers F. (2004) Modelling perceived accessibility to urban amenities using fuzzy logic, transportation GIS and origin-destination surveys. In F. Toppen and P. Prastacos (Eds.) *Proceedings of AGILE 2004. 7th Conference on Geographic Information Science*, Crete University Press, Heraklion, Greece, pp. 475-485.
- Thériault M., Des Rosiers F., Biba G. & Lavoie C. (2004) *Le commerce de détail sur le territoire de la Communauté Métropolitaine de Québec*. CRAD, Rapport d'une étude réalisée pour la **Communauté Métropolitaine de Québec**, 165 pages.
- Des Rosiers F. & Thériault M. (2003) Assessing Retail Trade Areas, Local Economic Potential and Spatial Competition: How Origin-Destination Surveys May Help. *GeoSpatial Solutions*, November 2003, 46-51.
- Vandersmissen M. H., Villeneuve P. Y. & Thériault M. (2003) Analyzing Changes in Urban Form and Commuting Time. *The Professional Geographer*, 55(4): 446-463.
- Thériault M., Des Rosiers F., Villeneuve P. & Kestens Y. (2003) Modelling Interactions of Location with Specific Value of Housing Attributes. *Journal of Property Management*, 21(1): 25-62.
- Des Rosiers F., Thériault M. & Kestens Y. (2003) Modelling the Impact of Accessibility to Services on House Prices: A Comparative Analysis of two Methodological Approaches. *Proceedings of the 10th European Real Estate Society Conference*, Helsinki, Finland, CD-ROM.
- Thériault M., Des Rosiers F., Joerin F., Menetrier L., Lee-Gosselin M. & Villeneuve P. (2003) Measuring Accessibility to Urban Services Using Fuzzy Logic Within Transportation GIS. *Proceedings of the 10th European Real Estate Society Conference*, Helsinki, Finland, CD-ROM.
- Des Rosiers F., Thériault M., Villeneuve P. Y. & Kestens Y. (2002) Landscaping and House Values: An Empirical Investigation. *Journal of Real Estate Research*, 23 (1-2): 139-161.
- Kestens, Y., M. Thériault & F. Des Rosiers (2002) Nature de l'utilisation du sol et valeurs immobilières résidentielles: Analyse par modélisation hédonique. *Les Cahiers du GRATICE*, 21: 111-141.

Références bibliographiques (2)

- Kestens Y., Thériault M. & Des Rosiers F. (2002) House Prices and Environmental Quality: Combining GIS, Image Analysis and Hedonic Modeling. *6th Annual Integrating GIS & CAMA Conference Proceedings*, Reno, Nevada, URISA, pp. 100-110.
- Thériault M., Kestens Y. & Des Rosiers F. (2002) The impact of mature trees on house values and on residential location choices in Quebec City. In A. E. Rizzoli and A. J. Jakeman (eds.) *Integrated Assessment and Decision Support. Proceedings of the 1st biennial meeting of the International Environmental Modelling and Software Society*. University of Lugano, Switzerland, vol. 2, pp. 478-483.
- Vandersmissen M.-H., Villeneuve P. & Thériault M. (2001) Mobilité et accessibilité: leurs effets sur l'insertion professionnelle des femmes. *Espace géographique*, 4: 289-305.
- Des Rosiers F., Lagana A. & Thériault M. (2001) Size and Proximity Effects of Primary Schools on Surrounding House Values. *Journal of Property Research*, 18(2): 1-20.
- Joerin F., Thériault M., Villeneuve P. & Bégin F. (2001) Une procédure multicritère pour évaluer l'accessibilité aux lieux d'activité. *Revue internationale de géomatique*, 11(1): 69-104.
- Kestens Y., Thériault M. & Des Rosiers F. (2001) Integrating Land Use in a Hedonic Price Model Using GIS. In M. J. Salling (Ed.) *URISA Conference Proceedings. Papers from the Annual Conference of Urban And Regional Information Systems Association*, Long Beach, California, pp. 521-530.
- Thériault M., Joerin F., Villeneuve P. & Bégin F. (2001) Modelling Accessibility Using Fuzzy Logic Within Transportation Geographical Information Systems. *Proceedings of the IASTED International Conference on Modelling Identification and Control 2001*, volume 1, pp. 268-275, ACTA Press, Anaheim, California.
- Des Rosiers F., Thériault M. & Villeneuve P.Y. (2000) Sorting Out Access and Neighbourhood Factors in Hedonic Price Modelling. *Journal of Property Investment and Finance*, 18(3): 291-315.
- Thériault M., Vandersmissen M. H., Lee-Gosselin M. & Leroux D. (1999) Modelling Commuter Trip Length and Duration Within GIS: Application to an O-D Survey. *Journal for Geographic Information and Decision Analysis*, 3(1): 41-55.
- Thériault M., Des Rosiers F. & Vandersmissen M. H. (1999) GIS-based Simulation of Accessibility to Enhance Hedonic Modeling and Property Value Appraisal: An Application to the Quebec City Metropolitan Area. *Proceedings of the Third Annual Conference on Integrating GIS and CAMA*, IAAO - URISA, New-Orleans, April 11-14, 1999, 151-160.