



HAL
open science

Les enquêtes régionales origine et destination et le système MADITUC

Patrick Bonnel, Michel Le Nir, Jean-Pierre Nicolas

► **To cite this version:**

Patrick Bonnel, Michel Le Nir, Jean-Pierre Nicolas. Les enquêtes régionales origine et destination et le système MADITUC. 1992. halshs-00849185

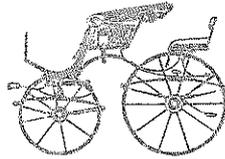
HAL Id: halshs-00849185

<https://shs.hal.science/halshs-00849185>

Submitted on 30 Jul 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Ministère de l'Équipement, des Transports
et du Tourisme
Direction de la Recherche et des Affaires
Scientifiques et Techniques
Décision d'Aide N°92-0005

Les enquêtes régionales Origine Destination et le système MADITUC

Rapport de mission dans l'Équipe du Professeur CHAPLEAU
Laboratoire de Planification des Transports
Ecole Polytechnique de Montréal
1er au 12 décembre 1992

BONNEL Patrick
LE NIR Michel
NICOLAS Jean Pierre
Laboratoire d'Économie des Transports
ENTPE, Université Lumière Lyon 2, CNRS

à l'Université Lumière Lyon 2 :

M.P.A.S.H. □
14, avenue Berthelot
69363 Lyon Cedex 07
Tél. 72 72 84 03

Laboratoire d'Économie des Transports
Unité Mixte de Recherche du C.N.R.S. n° 0108

à l'École Nationale
des Travaux Publics de l'État :

□ ENTPE.
rue M-Audin
69510 Vaulx-en-Velin Cedex
Tél. 72 04 70 48

SOMMAIRE

Introduction	3
I Le système MADITUC	4
1 - Le cadre général des transports à Montréal	4
1 - 1 La Grande Région de Montréal	4
1 - 2 La mobilité des personnes dans la région de Montréal	5
1 - 3 Les responsables des transports dans la Grande Région de Montréal	6
2 - Présentation générale de MADITUC	7
2 - 1 L'approche MADITUC	7
2 - 2 Les principaux modules de MADITUC : philosophie générale et outils informatiques	11
2 - 3 Les partenaires de MADITUC	15
3 - Conclusion	17
II La constitution des bases de données utilisées	18
1 - Les enquêtes à Montréal	18
1 - 1 Enquête régionale origine-destination	18
1 - 2 Les autres enquêtes déplacements	24
2 - Les enquêtes régionales Origine-Destination de Toronto	25
2 - 1 L'enquête de 1986	26
2 - 2 L'enquête de 1991	29
3 - Les autres bases de données	33
3 - 1 Les bases de données territoires	33
3 - 2 Les bases de données réseaux	34
3 - 3 Le recensement	34
3 - 4 Les autres bases de données	35
4 - Conclusion	36
III Applications et développements envisagés	37
1 - Les applications	37
1 - 1 Les champs d'applications	37
1 - 2 Calibrage des fonctions d'impédance	38
1 - 3 Les effets financiers des déplacements interréseaux	41
1 - 4 L'analyse de corridors ferroviaires	42
1 - 5 - Le projet SIGGAR de localisation des arrêts	44
2 - Les développements de MADITUC	44
2 - 1 MADITUC automobile	45
2 - 2 MAD(strat) ² , MADITUC marchandises	46
2 - 3 Cartographie de l'espace	46
2 - 4 Prévision de la demande de transport	47
Conclusions	48
Annexe	49
Bibliographie	55
Camet d'adresse	59

Introduction

Ce rapport de mission s'inscrit dans le cadre d'une recherche financée par la DRAST (Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques) intitulée "Réflexions sur les enquêtes-ménages - Propositions d'améliorations". Cette recherche (présentée de manière plus détaillée en annexe 2) vise à analyser les possibilités d'améliorer les productions de données sur les déplacements urbains et tout particulièrement l'enquête-ménages dans deux directions principales :

- repérer plus finement les localisations (origine, destination, itinéraire),
- développer la connaissance des déplacements automobiles.

Toutefois, ce rapport ne traite que du premier objectif que nous nous sommes assignés. Cette mission a été réalisée pour l'essentiel au sein du Laboratoire de Planification des Transports de l'Ecole Polytechnique de Montréal dirigé par le Professeur CHAPLEAU. Nous tenons ici à remercier chaleureusement le Professeur CHAPLEAU ainsi que toute son équipe pour la qualité de son accueil et la richesse des échanges. Nous espérons que celle-ci se retrouvera dans ce rapport. Des contacts ont également été organisés par le Professeur CHAPLEAU avec le Ministère des Transports du Québec et la Société des Transports de la Communauté Urbaine de Montréal, que nous tenons également à remercier pour les renseignements fournis.

Nous n'avons pas voulu nous limiter à la présentation de la méthodologie de la production des données sur les déplacements urbains à Montréal et dans quelques autres métropoles canadiennes. La méthodologie actuelle est le résultat d'une évolution progressive permettant de répondre plus adéquatement aux besoins de planification des transports urbains. Les données de l'enquête régionale origine - destination servent principalement à alimenter le système MADITUC de planification des transports collectifs développé par le professeur CHAPLEAU. Dès lors, il nous a semblé préférable de commencer notre rapport par la présentation du système MADITUC (chapitre I). Nous le poursuivons avec la description des bases de données alimentant le système MADITUC, notamment l'enquête régionale origine-destination (chapitre II). Enfin, nous exposons les principales applications du système MADITUC et ses développements (chapitre III).

Le système MADITUC

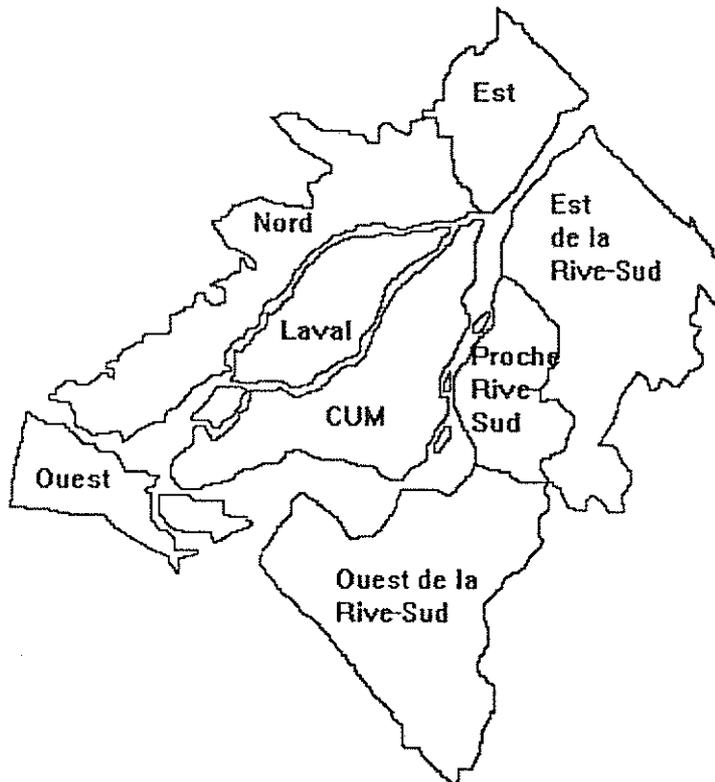
Avant de présenter les principes généraux du système MADITUC, nous décrivons sommairement le contexte montréalais des transports.

1 - Le cadre général des transports à Montréal

1 - 1 La Grande Région de Montréal

La Grande Région de Montréal constitue le bassin d'attraction du centre-ville de Montréal. Elle représente une superficie de 3.300 km². La population s'élève à 2.930.000 pour 1.142.000 ménages, soit une moyenne de 2,57 personnes par ménages.

CARTE DU TERRITOIRE DE L'ENQUETE O-D 1987

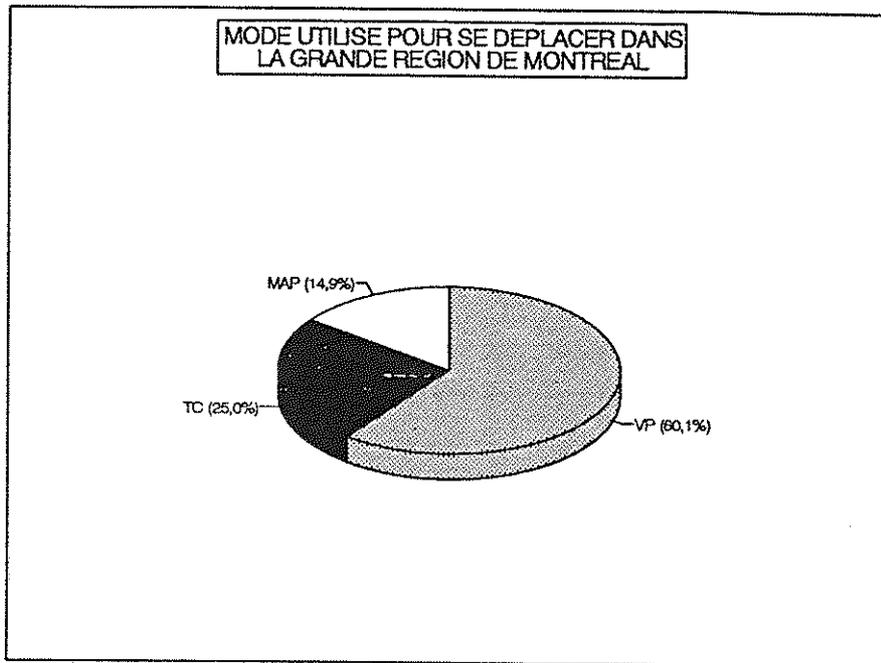


Sur une période de près de 10 ans, la population totale de la Grande Région de Montréal est restée pratiquement constante. Elle a vieilli et s'est continuellement déconcentrée. En ce qui concerne l'île de Montréal (C.U.M.), les enquêtes origine-destination successives ont souligné la croissance du nombre de ménages, tandis que le nombre de personnes par ménage diminuait, passant de 3,3 en 1970 à 2,37 en 1987. La conséquence en est une décroissance de la population urbaine au profit des banlieues. La population de l'île de Montréal est ainsi passée de 1 945 000 habitants en 1970 à 1 752 000 habitants en 1987.

1 - 2 La mobilité des personnes dans la région de Montréal

Le taux de motorisation par ménage a été évalué à 1,06 lors de la dernière enquête origine-destination, soit un nombre moyen d'automobiles par ménage de 0,41. Ce chiffre moyen s'élevait à 0,37 pour l'île de Montréal en 1987 alors qu'il n'était que de 0,24 en 1970. Un quart des ménages de la Grande Région de Montréal ne dispose d'aucune voiture, tandis que la moitié des ménages possède un seul véhicule. En ce qui concerne la seule Communauté Urbaine de Montréal, le nombre de ménages non motorisés dépasse le tiers de l'effectif total.

D'après l'enquête Origine-Destination de 1987 la mobilité moyenne des montréalais est de 2,44 déplacements par jour. 20 % des personnes ont déclaré n'avoir effectué aucun déplacement. Les deux graphiques qui suivent présentent ces déplacements relativement aux modes utilisés ainsi qu'aux motifs.

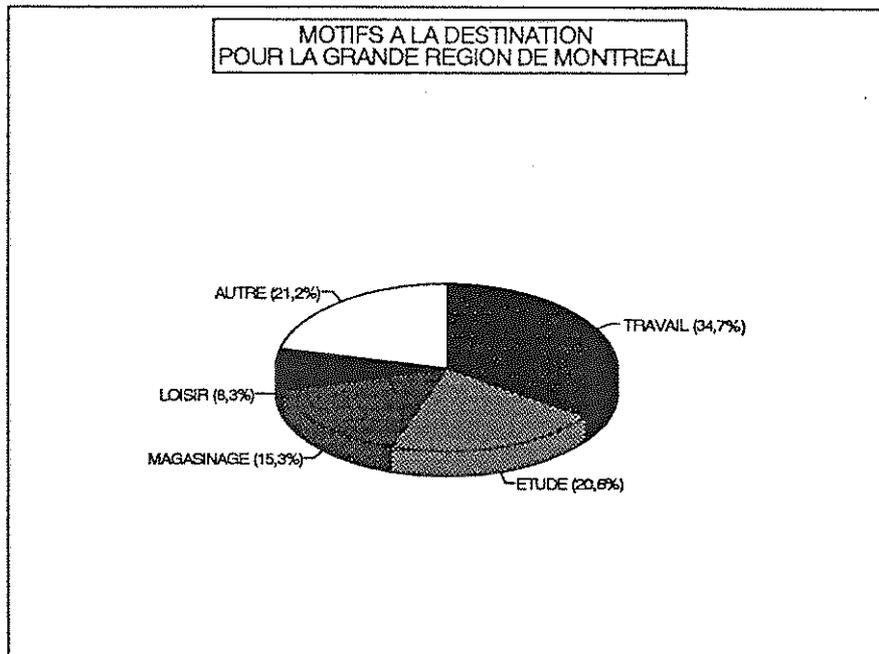


Sources : Enquête Origine-Destination 1987 - S.T.C.U.M.

Si la majorité des déplacements de la Grande Région de Montréal est effectuée en voiture particulière (conducteur ou passager), un quart des déplacements se font en transport collectif.

Comme le souligne le graphique suivant, le motif travail constitue plus d'un tiers des destinations des déplacements. En prenant également en compte les déplacements des étudiants et des scolaires, on constate que les motifs contraints représentent plus de la moitié des déplacements.

On notera pour finir que la mobilité est plus forte de 10 % en banlieue.



Sources : Enquête Origine-Destination 1987 - S.T.C.U.M.

1 - 3 Les responsables des transports dans la Grande Région de Montréal

Un certain retrait du gouvernement québécois est observable tant du point de vue institutionnel que financier.

1 - 3.1 Le cadre institutionnel

En ce qui concerne le cadre institutionnel, il existe dans la Grande Région de Montréal deux grandes familles d'organismes de transport :

- les organismes municipaux et inter-municipaux,
- les organismes publics.

Les premiers sont gérés par des élus et exploités sur la base de contrats par des transporteurs privés. On les trouve en général dans les villes petites et moyennes et en périphérie de Montréal. Il existe ainsi tout autour du centre de Montréal 13 organismes inter-municipaux de transports, appelés Conseils Inter-municipaux de Transport (C.I.T.).

Les seconds sont, quant à eux, administrés par des élus, mais exploités par des entreprises publiques. Il existe pour la région de Montréal, trois organismes publics de transports (O.P.T.) principaux :

- la Société de Transport de la Communauté Urbaine de Montréal (S.T.C.U.M.),
- la Société de Transport de Laval (S.T.L.),
- la Société de Transport de la Rive Sud de Montréal (S.T.R.S.M.).

Si le gouvernement québécois établit les lois, ses interventions au niveau de la politique des transports collectifs urbains sont limitées. Il peut éventuellement arbitrer un litige entre plusieurs organismes. Quant à l'élaboration des politiques tarifaires ou du choix d'infrastructures régionales telles que les infrastructures ferroviaires, le pouvoir revient au Conseil Métropolitain de Transports Collectifs (C.M.T.C.), composé de membres des trois grandes sociétés de transport en commun. Le gouvernement québécois n'est pas membre officiel de ce Conseil.

1 - 3.2 Le cadre financier

Depuis 1992, le gouvernement ne subventionne plus les dépenses d'exploitation pour les 3 grandes entreprises de transport. Pour les autres organismes, 40% des coûts d'exploitation lui incombent. Le gouvernement se retire également peu à peu de l'exploitation des trains de banlieue, après en avoir assuré la modernisation.

Le gouvernement reste en revanche très présent en ce qui concerne les investissements (100% pour ceux du métro et du rail, 75% pour les garages, les abribus et le remplacement des infrastructures et du matériel roulant, 60% des achats de bus).

Pour compenser ce retrait, le gouvernement a introduit une taxe annuelle sur l'immatriculation des véhicules, au sein du secteur métropolitain de dénombrement de Montréal (zone un peu plus étendue que l'aire d'attraction de l'agglomération de Montréal). La redistribution de cette taxe automobile, destinée aux trois grands organismes de transport, est assurée, via le C.M.T.C.. Il se chiffre à 35 millions de \$ canadiens (80 % sont répartis au prorata de la fréquentation des trois réseaux, 20% en fonction du lieu de résidence des propriétaires de véhicule). Une subvention de 8 à 10 millions de \$ canadiens est accordée au C.M.T.C. pour compenser le manque à gagner des entreprises liées à l'intégration tarifaire au niveau régional. Enfin, le C.M.T.C. reçoit une subventions de 18 millions de \$ canadiens qu'il reverse à la S.T.C.U.M. pour couvrir la part de déficit du réseau lié à l'usage des lignes de transports collectifs de la S.T.C.U.M. par les non résidents de la Communauté Urbaine de Montréal. Au niveau du financement municipal, la contribution s'effectue par un prélèvement de la taxe sur la base d'un potentiel fiscal établi au regard de la richesse foncière.

En ce qui concerne le financement des enquêtes origine-destination, il était jusqu'à présent à la charge de la S.T.C.U.M.. Cette responsabilité financière devrait être pour la prochaine enquête partagée pour moitié avec le Ministère des Transports de Québec.

Le contexte général des transports montréalais étant exposés, nous présentons la logique global du système MADITUC, ainsi que son architecture.

2 - Présentation générale de MADITUC

2 - 1 L'approche MADITUC

MADITUC (Modèle d'Analyse Désagrégée des Itinéraires de Transport Urbain Collectif) a été développé par une équipe de la section des transports du département de génie civil de l'Ecole Polytechnique de Montréal, sous la direction du Pr R. CHAPLEAU. Il permet à des entreprises de transport en commun, d'utiliser une approche totalement désagrégée en vue d'une analyse et d'une évaluation de divers projets de transport.

2 - 1.1 Un système d'information complexe plus qu'un simple modèle

MADITUC a été développé pour fournir un outil d'analyse de la mobilité s'appuyant sur les enquêtes origine-destination. C'est l'idée de développer de la connaissance à partir d'une simple question de transport qui est à l'origine du développement du concept MADITUC. MADITUC n'est donc pas un modèle au sens où nous l'entendons habituellement. Il se définit davantage comme un système d'aide à l'analyse et la planification des réseaux de transport. Plus qu'une recherche d'affinement d'un modèle algébrique, MADITUC s'attache avant tout à privilégier une bonne maîtrise des bases de données. Une telle logique suppose que des études comportementales de mobilité basées sur l'analyse de caractéristiques socio-démographiques traitées à l'aide d'outils modernes tels que SAS (Statistical Analysis System), ont un pouvoir explicatif et descriptif des phénomènes urbains supérieur aux modèles classiques. Partant d'analyses totalement désagrégées, pouvant s'établir par exemple sur la base de catégories finement élaborées, les modules constituant l'architecture de MADITUC prétendent ainsi décrire des situations plus complexes.

2 - 1.2 Vers une approche totalement désagrégée

La démarche adoptée dans MADITUC se démarque foncièrement des approches classiques. Elle ne constitue pas une remise en cause complète de ces modèles mais propose toute une série d'améliorations relativement essentielles. Afin de bien s'en rendre compte, nous rappellerons brièvement les principaux fondements des modèles classiques.

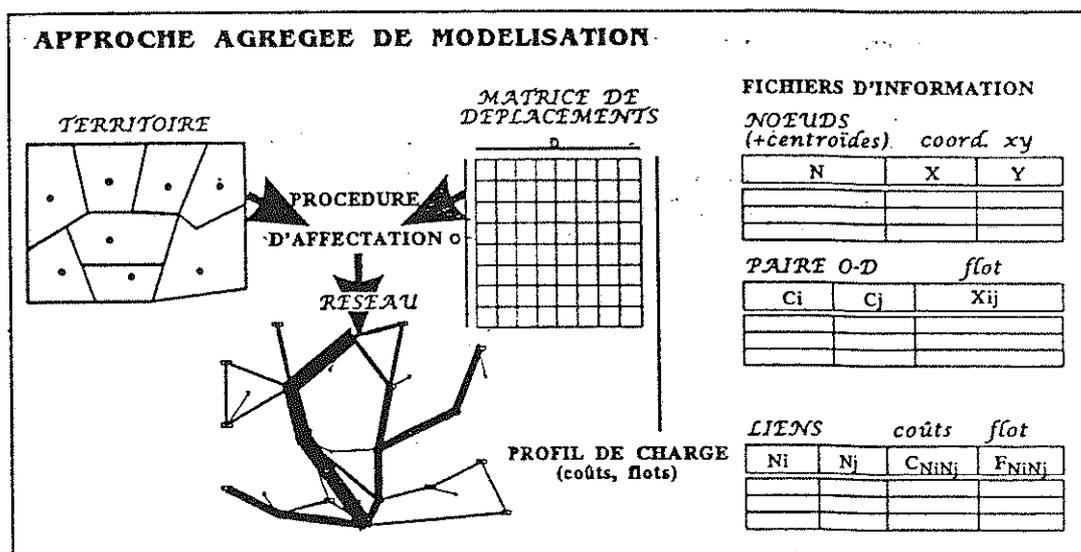
2 - 1.2.1 La démarche classique

Le développement de nouveaux algorithmes allié à une puissance de calcul accrue, a permis l'élaboration de nouveaux logiciels de planification des transports dans les années 70. Parmi les principaux modèles nord-américains, on trouve les modèles UTPS (Urban Mass Transportation Administration's Transport Planning System) ou EMME, mis à jour dans sa version EMME2, ainsi que des modèles spécialisés dans la planification d'un réseau de transport en commun comme le logiciel NOPTS (Network OPTimization of Transit Systems). En France certains modèles spécifiques ont été développés comme le modèle routier DAVIS utilisé notamment par les CETE ou le modèle TERESE (TEst de RESEaux) pour les transports collectifs. Tous ces modèles ont en commun de s'appuyer sur une démarche de type agrégé classique. Certains présentent une structure complète à quatre étapes. C'est notamment le cas du modèle UTPS qui dispose d'outils statistiques adaptés aux phases de génération et de répartition modale, de modules de transformation des matrices pour la distribution des déplacements, ou d'affectation. D'autres modèles, compte tenu de leurs objectifs, peuvent se limiter à certaines étapes. C'est le cas du modèle TERESE développé à Lyon par la SEMALY, qui ne dispose pas de véritable phase de répartition modale.

Tous ces modèles agrégés reposent comme leur nom l'indique sur l'agrégation des données en opérant, dans l'espace ou sur la population, des regroupements qui à un individu moyen font correspondre un trajet type. Pour répondre à cet objectif, les territoires étudiés sont découpés en zones, qui constituent ensuite les origines et les destinations des déplacements. Elles résultent la plupart du temps d'un compromis entre les exigences du coût des enquêtes élaborées pour réunir l'information utile et les exigences de la précision requise par les besoins de l'étude.

L'ensemble de l'information relative aux déplacements relevé à l'occasion de ces enquêtes (enquêtes-ménages ou enquêtes origine-destination) est finalement synthétisé par une matrice des déplacements comme le montre le graphique qui suit :

Schéma classique de modélisation d'un réseau de transport



Graphique extrait du rapport intitulé "éléments analytiques de la démarche "totalement désagrégée" (CHAPLEAU, 1992, p 9)

C'est au cours de l'étape d'affectation que l'on va procéder à la projection de la matrice des déplacements sur un réseau composé de noeuds et d'arcs représentant l'ensemble des itinéraires possibles. Cette matrice peut éventuellement avoir subi auparavant une série de transformations par l'intermédiaire d'un modèle de génération, de distribution ou de répartition modale.

L'affectation suppose au préalable une codification du réseau. Celle-ci se traduit par la constitution d'un graphe à l'aide d'un support informatique. L'objectif consiste à définir un réseau analytique se rapprochant le plus possible de la perception que peuvent en avoir les usagers. Une telle codification nécessite l'acquisition et l'organisation d'un grand nombre de données relatives à la géométrie des lignes, des attributs de service et des liens d'accès entre les centroïdes des zones et les noeuds du réseau. Le choix de l'échelle dépend quant à lui des objectifs, il s'agit en général d'un réseau simplifié. A l'issue de l'étape d'affectation, différents poids seront attribués aux branches composant le réseau simplifié, à l'aide d'une fonction d'impédance qui tient compte du niveau de service offert.

L'approche agrégée classique qui a connu ses principaux développements dans les années 50 à 70 fait depuis plus de 30 ans l'objet de nombreuses critiques. Plusieurs études se sont efforcées d'évaluer et d'expliquer la cause des écarts observés entre la prévision des trafics et le niveau finalement atteint. On citera en particulier la synthèse de X. GODARD lors de la 58ème Table Ronde de la Conférence Européenne des Ministres des Transports (GODARD, 1982), et l'étude de I. H. MACKINDER et S. E. EVANS (MACKINDER, EVANS, 1981) relative aux modèles utilisés en Grande-Bretagne entre 1962 et 1971. Ces critiques vont d'une simple remise en cause de certaines hypothèses relatives aux variables exogènes jusqu'au rejet de l'ensemble de la démarche séquentielle qui rend ce types de modèles incapables de traduire de manière satisfaisante les décisions interdépendantes et parfois simultanées des usagers. Malgré ces nombreuses critiques, l'approche agrégée classique constitue toujours l'une des démarches les plus utilisées.

Plusieurs tentatives ont été néanmoins entreprises pour dépasser certaines carences de ces modèles. Les années 70 ont ainsi vu l'émergence de modèles dits désagrégés. Ces modèles comportementaux trouvent leur origine dans les travaux des mathématiciens psychologues. Ces travaux visaient à établir la manière dont un individu confronté à un ensemble d'alternatives pouvait être conduit à prendre sa décision. Ces chercheurs ont formulé l'hypothèse selon laquelle l'individu était capable d'évaluer les différentes possibilités qui lui étaient offertes en fonction de l'utilité qu'elles représentaient pour lui. Si la première formalisation théorique justifiant l'utilisation de ces modèles remonte aux travaux de M. BEN AKIVA et D. MAC FADDEN, celle-ci fut toutefois précédée des travaux de WARNER au début des années 60. Ces modèles ont connu depuis lors un certain succès en particulier outre-Atlantique. En témoignent les travaux variés et les nombreux articles ou communications qui leur ont été accordés, en particulier à l'occasion de conférences internationales. Le bilan apparaît plus mitigé en ce qui concerne la France. Plusieurs entreprises (Air Inter, RATP) ou collectivités (Agence d'urbanisme de Grenoble, CETE de l'Ouest) ont tenté de développer un outil désagrégé pour l'étape de choix modal. Le bureau d'études Cambridge Systematic Europe (devenu par la suite Hâgue Consulting Group) est d'ailleurs à l'origine de la plupart de ces travaux. Les modèles désagrégés ne semblent pas en revanche avoir reçu un écho particulièrement favorable du milieu scientifique français à l'exception des travaux de l'INRETS à l'occasion de la mise en service d'ORLYVAL. On trouve surtout quelques analyses critiques de ce type d'outil. On pourra à ce propos se reporter à la thèse de C. RAUX (RAUX, 1983) ou au mémoire de DEA de L. HIVERT (HIVERT, 1983). Les chercheurs français se sont davantage intéressés à la compréhension des phénomènes de mobilité, s'efforçant de mieux cerner les approches basées sur les programmes d'activité et sur les chaînes de déplacements.

2 - 1.2.2 L'approche canadienne

Face aux nombreuses critiques adressées à la procédure classique et de manière à répondre à certains enjeux auxquels elle était particulièrement sensible (recherche d'une bonne reproductibilité de l'algorithme de plus court chemin, identification de la plus grande source d'erreurs, nécessité d'apprécier des biais introduits par une fonction d'impédance mal calibrée...) l'équipe de l'École

Polytechnique de Montréal s'est lancée dans le développement d'un nouveau logiciel de planification d'un réseau de transport.

L'approche désagrégée canadienne propose une voie assez différente des études citées précédemment. Elle ne rejette pas la démarche classique dans son ensemble, mais propose une meilleure définition de certains éléments. Le logiciel MADITUC, développé tout d'abord dans le cas de Montréal, est un descendant direct de TRANSCOM et de la partie spécifique au transport en commun de EMME. C'est un logiciel caractéristique du concept SITUC (Système d'Information en Transport Urbain Collectif), concept qui regroupe les bases de données de l'offre et la demande ainsi que les modèles associés.

Une approche totalement désagrégée

La notion de "désagrégée" traduit, dans l'approche canadienne, l'existence d'un traitement systématique d'informations de caractère individuel, mais également celle d'un traitement d'informations à caractère spatial n'exigeant pas ou peu de découpage zonal du territoire. Ce type d'approche va dans le sens d'un affranchissement des données par rapport aux modèles. Plus encore, il s'agit pour MADITUC de mettre les modèles au service des données à l'inverse de ce qui se faisait habituellement. Ainsi MADITUC propose une amélioration des modèles de simulation tout en favorisant l'exploitation des données investies.

Dans MADITUC, l'utilisateur dispose de l'information la plus désagrégée possible que ce soit au niveau des personnes, des ménages ou encore des déplacements ou itinéraires. Contrairement à la démarche classique, il n'est pas nécessaire de partir de zones agrégées caractérisées par des individus statistiques moyens. Il est en revanche possible, à partir de cette information désagrégée, de recomposer des agrégations en fonctions du niveau d'observation souhaité. Pour chaque déplacement pris en compte individuellement, il sera facile d'établir une relation avec les autres bases de données, en particulier avec les variables socio-économiques relatives à la personne ayant effectué le déplacement. Un flux entre une origine et une destination peut ainsi renvoyer à un fichier de déplacements, un fichier d'individus ou encore un fichier de ménages.

L'approche désagrégée se détermine ainsi davantage par un jeu de bases de données présentées à un degré de finesse maximum sur lequel on va provoquer un certain nombre de transformations ou de projections. Les modèles de simulations intégrés à MADITUC sont décrits par le Pr. CHAPLEAU (CHAPLEAU, 1992) comme des opérateurs qui vont ajouter "... à partir d'un savoir dérivé des relations connues a priori, de nouvelles informations aux bases de données originales". Il est donc toujours envisageable de greffer un module classique à l'ensemble du système informatique de MADITUC. On ne s'étonnera pas dès lors de trouver dans MADITUC des étapes telles que l'affectation, la distribution ou la répartition modale. Contrairement aux modèles désagrégés "classiques" qui travaillent la plupart du temps sur des échantillons d'effectifs très faibles, MADITUC va s'appuyer sur des enquêtes origine-destination lui offrant la plus forte représentativité possible. Cette approche totalement désagrégée va en outre permettre de surmonter l'obstacle du découpage du champ d'étude.

Le rejet de tout découpage a priori

L'affranchissement vis à vis d'un système territorial établi *a priori* s'explique par l'existence d'un repérage très fin, au cours des enquêtes de l'origine et de la destination des déplacements. Celui-ci est établi sur la base de coordonnées x-y UTM (système Mercator choisi par Statistiques Canada). Les origines et destinations des déplacements sont relevées à l'adresse précise ou au code postal. Le code postal est un type de repérage défini par Postes Canada pour faciliter le tri et la distribution du courrier. Il se compose d'un code alphanumérique à six caractères. Les trois premiers caractères correspondent à des régions précises et stables appelées régions tri d'acheminement (RTA). En ce qui concerne les trois derniers caractères, ils figurent l'unité de distribution locale (UDL). Une région tri d'acheminement se compose en milieu urbain d'une série d'unités de distribution locale caractérisées selon les cas par un côté d'îlot, un immeuble regroupant des appartements ou des bureaux ou encore toute entreprise ou organisation recevant un courrier assez important. En milieu rural en revanche, un code postal peut être représentatif de l'ensemble d'une municipalité. Une telle procédure permet de

distinguer pour la grande région de Montréal 70 000 codes postaux. C'est également Statistiques Canada qui établit la correspondance entre les paires de coordonnées UTM et les codes postaux. Une série de procédures informatisées permet ainsi la correspondance entre le fichier des Codes Postaux canadiens et le Fichier Principal des Rues (AREA MASTER FILE). Elles offrent également la possibilité de repérer et traduire une origine ou une destination décrite à partir de l'intersection de deux rues, d'un monument, ou d'une place publique. Le système UTM (projection Universelle Transverse de Mercator) présente quant à lui de nombreux avantages tels que l'alignement sur les points cardinaux, la graduation de l'unité de mesure ou encore une utilisation répandue dans le milieu de la cartographie.

2 - 2 Les principaux modules de MADITUC : philosophie générale et outils informatiques

Le système MADITUC dispose d'un environnement informatique assez complet. Il fonctionne aussi bien sur support micro-informatique ou macro-informatique. Le choix du logiciel SAS est à l'origine du développement du système MADITUC. Ce dernier a par la suite profité de nombreux développements et présente aujourd'hui un ensemble assez complet de logiciels auxquels s'ajoutent une série de modules permettant l'intégration de différentes bases de données externes. La structure informatique de MADITUC peut ainsi être décrite à partir des principaux modules autour desquels elle est organisée.

2 - 2.1 Le module de traitement de la demande

Comme le souligne R. CHAPLEAU (CHAPLEAU, 1992), la principale raison d'être du système MADITUC tient à l'existence et à la nécessité de traiter les informations relatives aux déplacements et disponibles à partir des fichiers des enquêtes Origine-Destination.

De nombreuses études nationales ou internationales ont souligné les facteurs déterminants de la mobilité. A. BONNAFOUS lors d'un rapport introductif au symposium de la CEMT 1992 (BONNAFOUS, 1992) a notamment rappelé les grandes tendances socio-économiques et démographiques : croissance du pouvoir d'achat bénéficiant d'une croissance à long terme de la production, augmentation de la motorisation, vieillissement des populations, concentration spatiale et étalement urbain... Ces différents facteurs comportent toutefois des différenciations spatio-temporelles non négligeables qui remettent en cause l'approche agrégée traditionnelle. C'est l'une des raisons pour lesquelles MADITUC va privilégier un traitement désagrégé de la demande. Celui-ci va passer par deux innovations majeures : le dépassement de la notion de flux anonymes et le développement du concept d'itinéraire.

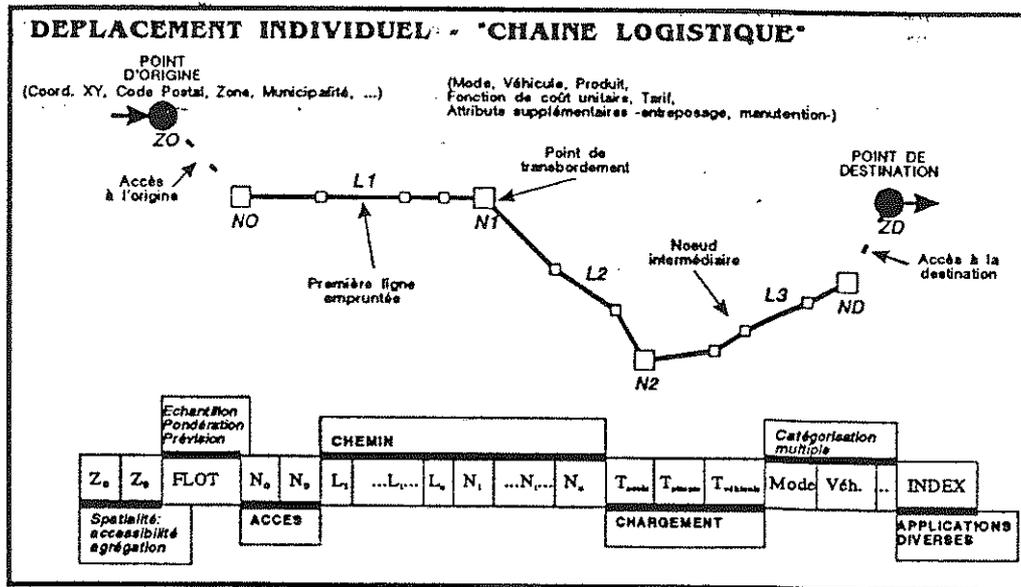
2 - 2.1.1 Le repérage de flux personnalisés

La détermination des flux et des coûts constitue dans l'approche classique un élément essentiel. L'approche privilégiée dans MADITUC s'efforce d'aller encore plus loin en proposant un traitement de données individuelles des déplacements auxquels sont reliés toute une série d'informations socio-économiques extraites des enquêtes origine-destination. MADITUC substitue ainsi à une notion de flux anonymes, une description multidimensionnelle des déplacements effectués sur un réseau de transport. Chaque déplacement se trouve simultanément caractérisé par des données à référence spatiale (zones d'origine, de destination et de résidence), des informations socio-économiques (motif du déplacement, âge, sexe, possession d'une voiture) et des informations relatives à l'usage des réseaux de transport (modes, lignes empruntées, heure de déplacement).

2 - 2.1.2 Une demande basée sur le concept d'itinéraire

A une démarche classique axée sur l'utilisation d'une matrice O-D déterminée sur la base d'une enquête ou de l'application de modèles de génération ou de distribution, MADITUC va opposer une approche privilégiant le concept d'itinéraire. Chaque itinéraire repéré sur la base d'une origine et d'une destination, contient une information complète sur le déplacement d'un usager et peut faire l'objet d'un traitement individuel comme l'indique le graphique qui suit :

Schéma d'approche désagrégée



Graphique extrait du rapport intitulé "éléments analytiques de la démarche "totalement désagrégée"" (CHAPLEAU, 1992, p 11)

Il est toujours possible par la suite de travailler à un niveau d'agrégation des itinéraires et de retomber sur n'importe quel type de traitement matriciel. Le passage de l'échantillon enquêté à l'ensemble de la population concernée par le périmètre d'étude s'effectue sur la base de coefficients de redressement associés à chaque déplacement. Ces coefficients sont déterminés par le rapport entre les données d'enquête et les données exhaustives fournies par Statistique Canada, par le bureau de la Statistique du Québec ou par des enquêtes plus ponctuelles. Les coefficients peuvent également être calculés au niveau des ménages. Grâce au concours de Bell Canada, il est possible de comparer le nombre de ménages résidant dans chaque subdivision territoriale avec le nombre de ménages enquêtés repéré par un indicatif téléphonique reposant sur les trois premiers chiffres des numéros de téléphone.

Du point de vue informatique enfin, toutes les variables socio-économiques ou spatiales peuvent être mises en relations, à partir de ce module, avec des variables issues de modèles de calculs sur le réseau (temps de parcours, temps d'attente, nombre de correspondances, vitesses commerciales, longueurs, intervalles, type de services...), favorisant des analyses relativement sophistiquées. La gestion des bases de données est actuellement assurée par le logiciel FoxPro qui succède aux versions DBASE2 et DBASE3. Ce logiciel permet également la mise en relation des diverses enquêtes origine-destination de manière à dégager l'évolution spatio-temporelle de la mobilité urbaine.

2 - 2.2 Le module interactif-graphique

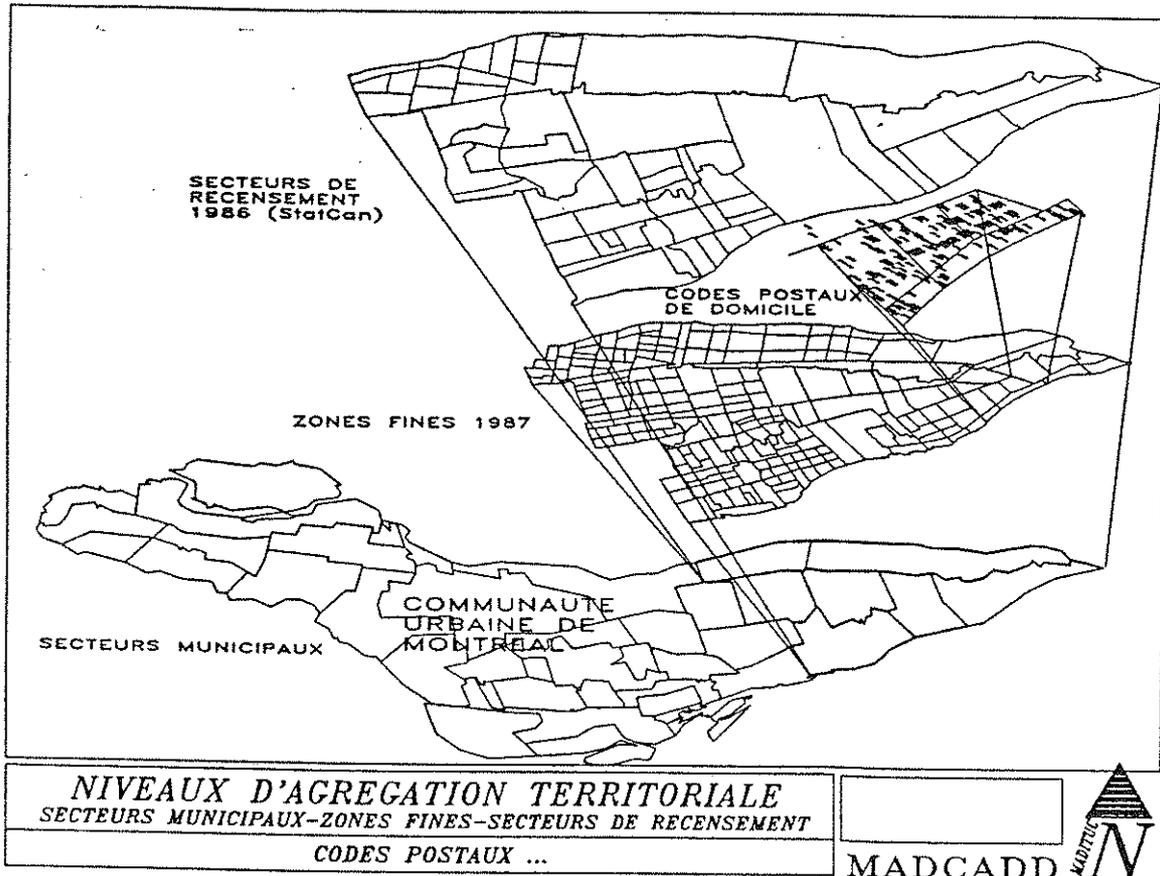
Le module interactif-graphique s'appuie sur la plate-forme micro-informatique AutoCAD. Il permet notamment la digitalisation et la codification des réseaux de transport, ainsi que celles des entités territoriales. Il assure en outre la validation interactive des données issues des enquêtes origine-destination, la confrontation entre les comportements réels et simulés qui contribue à la calibration de modèles, et enfin, la comparaison de comportements simulés sur la base de différentes variantes d'offre. L'ensemble de ces analyses est visualisé à partir de cette plate-forme interactive-graphique qui fonctionne selon une approche multi-couches.

2 - 2.2.1 Le sous-module territorial

Nous avons vu que lors d'une enquête origine-destination, la référence spatiale des déplacements était tout d'abord alphanumérique. Cette information peut, par la suite, être codifiée en

fonction des besoins de l'étude. L'information recueillie de manière désagrégée peut ainsi être réagrégée selon plusieurs recouvrements territoriaux, comme l'indique le graphique qui suit :

Différents niveaux d'agrégation territoriale



Graphique extrait du rapport intitulé "éléments analytiques de la démarche "totalement désagrégée"" (CHAPLEAU, 1992, p 16)

MADITUC permet alors de travailler selon différentes caractérisations territoriales :

- les coordonnées x-y UTM, établies sur la base des codes postaux (centroïdes de côté d'îlots) dont l'un des avantages principaux est de permettre de modéliser l'accès à un réseau de transport collectif par un mode pédestre. Dans l'environnement MADITUC, le système de coordonnées UTM sert de référence aussi bien aux données territoriales qu'aux données de réseau,
- la zone fine, petite entité géographique devant correspondre à une fonction homogène d'activité. 1496 zones ont été dénombrées lors de l'enquête Origine-Destination effectuée en 1982 par la STCUM. Ce type de découpage facilite la représentation thématique des résultats de niveau de service comme les surfaces isochrones qui permettent d'apprécier notamment l'accessibilité moyenne d'un territoire. 4200 secteurs d'énumération ont été repérés pour 1987,
- le secteur de recensement correspond à une entité de base pour le recueil des données socio-démographiques. Ces données servent notamment à valider et pondérer les données de transport. 700 secteurs sont distingués,
- la municipalité est une entité territoriale politique normalement constituée par un ensemble de zones fines. Il en existe plus d'une centaine dans le territoire d'enquête du Grand Montréal. Le regroupement des secteurs municipaux en grandes régions reproduit les entités politico-administratives plus étendues que sont les territoires de desserte des sociétés de transport,

- la sous-région qui correspond à des entités significatives au niveau géopolitique. La région de Montréal est ainsi découpée en un minimum de 9 districts qui permettent de distinguer les principaux organismes de transport,
- à ces principaux découpages s'ajoutent une grande variété d'unités géostatistiques (la division de recensement (DR) qui correspond aux limites du Comté provincial, la subdivision du recensement (SDR) qui s'appuie sur les municipalités, la circonscription électorale fédérale (CEF), le secteur de dénombrement (SD) correspondant aux unités géographiques les plus petites pour lesquelles Statistique Canada peut fournir des données de recensement, les régions urbaines de recensement, les subdivisions de recensement unifiées (SRU), les régions métropolitaines de recensement (RMR)...

Il est ainsi possible de partir d'un découpage en zones fines auxquelles on associe des centroïdes disposant d'une référence spatiale. La reconstitution des agrégations spatiales souhaitées s'établit ensuite par le biais d'une série de dictionnaires de conversions élaborés par des organismes comme Statistique Canada. Une approche de repérage numérique nécessite quant à elle la codification des frontières des zones (polygones), de manière à assurer la dérivation de multiples caractérisations numériques telles que :

- les données géométriques correspondant aux périmètres, aires, centres de gravité, coefficients de forme,
- les degrés d'adjacence définis par le nombre de zones voisines ou la longueur d'adjacence par rapport au périmètre,
- la résolution de la codification qui tient compte du nombre et de la longueur des segments, ainsi que des indices de densité.

2 - 2.2.2 Le module de reconstitution du réseau

Le réseau est appréhendé de manière globale. Il s'agit d'une approche multimodale au sens où la plupart des modes de transports collectifs sont pris en compte : autobus, métro et train. Il ne s'agit pas dans MADITUC d'élaborer un graphe représentatif d'un réseau simplifié, mais bien de reproduire l'ensemble des éléments constituant les réseaux pris en compte.

L'ensemble des réseaux placés sous la responsabilité des trois grands organismes publics de transports (STCUM, STL, STRSM) et d'une vingtaine de Conseils Inter-municipaux de Transport sont ainsi considérés. Chaque réseau est décrit en termes géométriques et de niveaux de service. Un modèle synthétique propose pour ces réseaux une représentation constituée de 3000 noeuds, 350 lignes et 12 000 liens. Le réseau viaire fait quant à lui l'objet d'une représentation hiérarchisée de 16 000 liens (600 pour les autoroutes, 300 pour les voies express, 2700 pour les artères majeures, 2500 pour les artères mineures, 4500 pour les "collectrices", 4000 pour les voies locales, 800 pour les bretelles et rampes). La digitalisation et la codification de tous ces réseaux sont effectuées sur la base d'un repérage des liens et des noeuds en coordonnées x-y ; ceci dans un environnement interactif assurés par les programmes MADCADD (Module de MADITUC pour la codification et la digitalisation du territoire et des réseaux) et MADNET. Cette codification intègre des descripteurs et des informations relatives au niveau de service (références territoriales, longueur, itinéraire, vitesse commerciale, modes, types de véhicules, fréquence, temps de déplacements, coûts unitaires, capacité véhicules, fonctions relationnelles).

Il est possible à partir de MADCADD de constituer des inventaires systématiques à partir de la démarche suivante :

- identification d'un système de coordonnées de base,
- définition du littoral du territoire d'analyse,
- codification du plan de rues,
- constitution des attributs cartographiques,
- inventaire et codification des aires désignées (monuments : au niveau de la caractérisation des aires désignées (monuments), on trouve la description des équipements connus tels que les écoles, les hôtels, les édifices religieux, les institutions gouvernementales, les parcs, les équipements culturels, les hôpitaux...),
- définition du découpage territorial (zones, frontières),
- dérivation d'indicateurs et du réseau d'adjacence,

- développement des réseaux analytiques (voirie, TC...).

L'appréciation de l'offre est dérivée à partir de cette définition du réseau. La prise en compte d'éléments hiérarchisés ou territoriaux peut être directement incorporée à une analyse établie sur la base d'une référence spatiale. C'est un des grands avantages de la méthode graphique interactive privilégiée dans MADITUC.

2 - 2.3 Les modules de mesure d'accessibilité et d'affectation

L'étape d'affectation est un élément essentiel de la démarche adoptée dans MADITUC. Celle-ci se base comme nous l'avons vu, sur une codification relativement classique du réseau de transport collectif multimodal ainsi que sur le calage d'une fonction d'impédance qui tient compte des tarifs, du temps de marche, du temps d'attente, du temps passé dans les véhicules et des pénalités de correspondance. R. CHAPLEAU et J. De CEA ont montré (CHAPLEAU, DE CEA, 1982) que la principale source d'erreur d'un modèle d'affectation semblait se situer au niveau de l'accès au réseau, et découlait de problèmes d'agrégation spatiale. La finesse du repérage spatial des origines et destinations offre de ce point de vue un élément de réponse et permet d'envisager une phase d'affectation en trois étapes :

- la première étape consiste à partir des points d'origine et de destination des déplacements et à activer une procédure de génération automatique des points d'accès au réseau les plus probables,
- une seconde étape s'applique à définir les itinéraires choisis par les usagers par un calcul des plus courts chemins permettant ensuite, selon les besoins, une répartition mono ou multichemins suivant diverses techniques de diversion,
- la dernière étape établit le chargement sur le réseau.

En plus de l'affectation des déplacements, MADITUC offre la possibilité au planificateur de réaliser une évaluation opérationnelle du réseau de transport ainsi qu'une analyse plus détaillée des chemins empruntés par les usagers.

La présentation des principaux éléments constituant l'architecture de MADITUC a permis de préciser l'importance des interdépendances existant entre les diverses bases de données ou les différents logiciels. L'aspect vital de cette interdépendance se retrouve également dans les relations établies avec les partenaires qui ont pu participer au développement de MADITUC.

2 - 3 Les partenaires de MADITUC

Le partenariat est une des dimensions fondamentales de MADITUC. Il se traduit tout d'abord par une transmission des connaissances, notamment au travers de la formation de professionnels, mais également par des échanges quasi-permanents entre concepteurs et utilisateurs du système. Le Pr. R. CHAPLEAU se plaît à rappeler que ce sont avant tout les individus qui constituent le système d'information. Mais ce partenariat implique une rigueur nécessaire pour protéger l'ensemble du système. MADITUC n'a pas été conçu pour pseudo-valider des choix déjà établis. En ce qui concerne le versant base de données il est opportun de bénéficier d'une certaine institutionnalisation. Celle-ci permet de garantir le maintien et la mise à jour des fichiers, ainsi que le respect des règles d'enquête.

C'est sur ces bases que l'équipe du Pr. CHAPLEAU s'est petit à petit constituée un réseau solide de relations.

2 - 3.1 Les partenaires montréalais

2 - 3.1.1 La Société des Transports de la Communauté Urbaine de Montréal (S.T.C.U.M.)

La S.T.C.U.M. peut être considérée comme le partenaire privilégié avec lequel l'équipe du Pr. CHAPLEAU entretient des relations continues depuis 1972. Cette association a du reste été relancée en 1982. La mission de la S.T.C.U.M. consiste à favoriser et organiser les déplacements par les transports collectifs sur le territoire des 29 municipalités de la C.U.M.. Si l'on tient compte de la

clientèle des villes voisines attirée chaque jour pour des motifs divers sur l'île de Montréal, on constate que la superficie desservie couvre plus de 500 km².

La S.T.C.U.M. est une société publique, dirigée par un Conseil d'Administration composé de six élus municipaux représentant la Ville de Montréal et les municipalités de banlieue, du président du comité exécutif de la C.U.M. et de deux représentants des citoyens. Le budget de la société dépasse le demi-milliard de dollars par année. Les coûts d'exploitation sont assumés par trois partenaires : les usagers (moins de la moitié des coûts), le gouvernement du Québec (un tiers des dépenses d'exploitation) et les municipalités de la C.U.M. (22% dont les taxes foncières).

La S.T.C.U.M. transporte plus de 1 millions de personnes par jour (soit 30% des déplacements motorisés sur la C.U.M.). Près de 20% des déplacements dans la région de Montréal s'effectuent grâce aux services de la S.T.C.U.M.. Deux personnes sur cinq utilisent de préférence le transport en commun pour leurs déplacements les plus fréquents. Un résident sur cinq de la C.U.M. est utilisateur exclusif des TC. Enfin 38% font un usage mixte des divers moyens de déplacements.

C'est la S.T.C.U.M. qui gère régulièrement (environ tous les 4 ans) les enquêtes origine-destination. Elle effectue également des consultations publiques pour mesurer la satisfaction de sa clientèle et procède constamment à des décomptes et à des sondages lui apportant l'information nécessaire pour adapter le réseau aux besoins des usagers.

2 - 3.1.2 Le Ministère des Transports de Québec

Le Ministère des Transports de Québec (M.T.Q.) a la responsabilité de coordination, de financement, d'intégration, de planification des équipements régionaux. Ses prérogatives touchent notamment la planification des investissements lourds (autoroutiers ou métro), le développement de politiques de financement ou de tarification, la prévision à long terme de l'étalement urbain... Ces différents aspects sont pris en compte et analysés par MADITUC.

2 - 3.1.3 La Société des Transports en commun de Laval

La Société des Transports en commun de Laval a développé au fil des années une collaboration avec la S.T.C.U.M. sur la base d'un recours à MADITUC. L'équipe du Pr CHAPLEAU effectue toute une série d'études intéressant directement la municipalité de Laval, qui en échange enrichit les systèmes collectifs d'informations par un suivi des données relatives à leur territoire et leur réseau. Les moyens mis en oeuvre sont toutefois beaucoup plus faibles que pour les organismes précédents.

2 - 3.1.4 La Communauté Urbaine de Montréal

Les besoins de la C.U.M. sont inter-municipaux, voire régionaux. Hormis son approche multimodale des déplacements, elle est chargée des mesures d'impacts de type d'aménagement du territoire, développement économique, de financement et d'étalement urbain. La collaboration avec le M.T.Q. et la S.T.C.U.M. s'exprime au travers du groupe de travail intitulé GROTRAM auquel participent également les chercheurs de l'École Polytechnique.

2 - 3.1.5 La Ville de Montréal

La Ville de Montréal apparaît un peu en retrait des autres organismes, malgré son nécessaire intérêt au problème du transport du fait de son sous-équipement technique et administratif.

2 - 3.2 Les autres partenaires canadiens

2 - 3.2.1 La Commission de Transports en commun de la Communauté Urbaine de Québec

Cet exploitant se caractérise par une approche planificatrice rigoureuse, s'appuyant sur des enquêtes ménages régulières (1977, 1981, 1986) et une volonté innovatrice affirmée (voies réservées, points focaux, services express à arrêts limités...). Elle bénéficie également d'un

environnement administratif exemplaire, en particulier en ce qui concerne les données relatives à la C.U.Q..

2 - 3.2.2 La Toronto Transit Commission

La Toronto Transit Commission est, d'après le Pr. R. CHAPLEAU un organisme de transport exemplaire en Amérique du Nord. Elle multiplie les collaborations fructueuses aussi bien avec le Ministère des Transports de l'Ontario qu'avec le Metropolitan Toronto Planning, la City of Toronto, le GO Transit... Elle participe depuis plus de vingt ans au recueil des données (enquêtes cordons et enquêtes origines-destinations). Elle a d'autre part participé à la constitution d'une équipe installée à l'Université de Toronto : le Transportation Data Management Group. Une analyse multimodale peut ainsi être menée dans la mesure où l'Université allie des bases de données et des outils tels que EMME2. Depuis 1987, la T.T.C. dispose également de MADITUC. Une telle entente apparaît beaucoup plus difficile à obtenir à Québec.

2 - 3.2.3 Le Winnipeg Transit Department

Les services de la planification et du marketing de Winnipeg Transit ont entrepris une révision de la desserte des transports en commun en centre-ville. Une enquête O-D a été réalisée à bord des autobus selon l'approche la plus désagrégée possible. (coordonnées x-y UTM des adresses, informations socio-économiques, informations sur les lignes empruntées et les points de correspondance), à un taux d'échantillon de 25%. Cette étude a donné lieu à l'implantation de MADITUC.

2 - 3.3 Les partenaires étrangers

Une collaboration existe entre MADITUC et l'Ecole Nationale des Ingénieurs de Tunis. Outre le souci de formation, cette coopération a engendré toute une série d'études :

- la codification des réseaux de transport collectif,
- le développement de facilités micro-informatiques pour le traitement des enquêtes montées-descentes,
- l'estimation de matrices origine-destination à partir des comptages,
- le développement de techniques adaptées d'enquêtes ménages,
- la recherche de modèles de prévision de la demande de transport fondée sur les caractéristiques socio-démographiques spatialisées.

D'autres projets ont été élaborés avec Alger, Marrakech et Dakar.

3 - Conclusion

En conclusion et avant de passer à la production des données alimentant le système MADITUC et à des exemples concrets d'applications de MADITUC on insistera sur l'importance accordée par ce système à la capitalisation des connaissances aussi bien en ce qui concerne les bases de données que sur le matériel choisi pour les analyser. Les concepteurs de MADITUC se sont efforcés tout au long des années 80 de tirer parti des meilleurs instruments développés tant du point de vue méthodologique qu'informatique.

II La constitution des bases de données utilisées

Plusieurs sources de données sont utilisées pour alimenter le système MADITUC. L'enquête régionale Origine-Destination est la plus importante d'entre elles. Nous consacrons l'essentiel de ce chapitre à sa présentation détaillée. Nous nous appuyons sur les cas de Montréal (section 1) et de Toronto (section 2) qui sont très proches, même s'ils diffèrent sur certaines dimensions. Cette présentation est axée sur la méthodologie de production des données et sur son évolution dans les deux agglomérations. De ce fait, nous ne livrons pas de résultats concernant la mobilité des résidents de ces deux métropoles. Enfin, nous abordons les autres bases de données utilisées par le système MADITUC pour certains exercices de planification (section 3).

1 - Les enquêtes à Montréal

1 - 1 Enquête régionale origine-destination

Depuis 1961, la Société de Transport de la Communauté Urbaine de Montréal (STCUM) réalise périodiquement une enquête Origine Destination sur le territoire du Grand Montréal. Elle est aidée en cela par l'équipe du Professeur CHAPLEAU de l'Ecole Polytechnique de Montréal qui assure les développements méthodologiques successifs de cette enquête. Si les premières années, l'enquête est restée très classique, plusieurs innovations méthodologiques ont été introduites depuis 1970 : enquêtes téléphoniques, repérage spatial au côté d'îlot, codification automatique, procédures d'apurement, Toutefois, avant d'aborder ces différentes dimensions, nous présentons le cadre général des enquêtes O-D, ainsi que leurs objectifs et contenus.

1 - 1.1 Présentation générale

Les enquêtes O-D sont réalisées et financées par la STCUM depuis 1961. Elles ont pour finalité première de fournir les données nécessaires à la gestion, la planification et l'optimisation du réseau de transport collectif de l'agglomération montréalaise. Plus précisément, lors de cette première enquête, les objectifs étaient :

- "l'amélioration du réseau de transport en commun,
- l'implantation de services dans les secteurs non desservis par le transport public,
- l'implantation de lignes de bus de rabattement aux stations de métro,
- la prévision de l'"achalandage" (charge) par ligne,
- la contribution à l'établissement d'un plan directeur de transport en commun."

La première enquête O-D a été réalisée en 1961. Elle se déroulait à bord des bus de la STCUM. En 1967, c'est le service de planification de la STCUM qui prend en charge l'organisation et la réalisation de l'enquête. La première innovation importante est apportée en 1970 avec l'utilisation du téléphone pour effectuer les enquêtes. L'objectif était d'élargir l'échantillon à l'ensemble de la population et non plus seulement aux utilisateurs des transports collectifs, et d'assurer un meilleur contrôle de la qualité de l'enquête. L'enquête suivante prend place en 1974. Ce sont déjà 30 téléphonistes qui sont nécessaires à son bon déroulement. Le taux de sondage est porté à 5% de la population. Les enquêtes de 1978 et 1982 suivent la même méthodologie avec des taux de sondage comparables.

A l'occasion de l'enquête de 1987, la STCUM aidée par l'équipe du Professeur CHAPLEAU de l'Ecole Polytechnique de Montréal, procède à une innovation méthodologique majeure. Le repérage des localisations ne s'effectue plus par le biais d'un découpage zonal, mais grâce au système des codes postaux de Postes Canada qui permet un repérage au côté d'îlot. L'objectif, est bien évidemment d'améliorer la précision des données, mais surtout de pouvoir fonder un modèle totalement désagrégé d'analyse des déplacements urbains.

La dernière enquête est programmée pour 1993. Elle verra l'introduction de la saisie directe sur ordinateur des données. L'objectif est ici de réduire les coûts, la durée nécessaire à la préparation des

données et l'amélioration de la qualité des données grâce au développement de procédure de codification automatique des données, notamment de localisation, et de validation des données. A l'avenir, l'objectif est de réaliser les enquêtes peu après les recensements, qui ont lieu tous les 5 ans, le dernier en date étant de 1991.

Si, jusqu'à présent, toutes les enquêtes ont été réalisées et financées par la STCUM, il est presque acquis que le Ministère des Transports du Québec participera pour moitié au financement et à la logistique de la prochaine enquête. L'utilisation des données des dernières enquêtes, notamment à l'aide du système MADITUC l'a convaincu de la qualité et de l'intérêt de cette production de données pour ses besoins de planification.

Ces enquêtes sont utilisées par les services d'études et de planification de la STCUM, ainsi que par le Ministère des transports. Elles servent aussi bien aux applications en transports collectifs grâce au système MADITUC, qu'aux applications routières à l'aide du modèle EMME2 développé par le Centre de Recherche sur les Transports de l'Université de Montréal. La précision des données de localisation et le taux d'échantillonnage en font un instrument privilégié d'investigation pour toutes les études de déplacements réalisées au niveau du grand Montréal.

Le Laboratoire de planification des Transports du professeur CHAPLEAU réalise pour sa part de nombreuses recherches sur ces données.

Quelques exemples d'applications sont présentés au chapitre V. Elles ont toutes pu être réalisées grâce à la disposition de ces données et au système MADITUC.

1 - 1.2 Méthodologie d'enquête

L'enquête se déroule sur la période septembre - décembre. Elle se décompose en plusieurs étapes :

- le choix du territoire,
- le choix de l'échantillon,
- l'information de la population,
- la sélection et la formation du personnel d'enquête,
- la rédaction du questionnaire,
- la réalisation de l'enquête,
- la codification et la validation des données.

La présentation qui en est faite ci-après correspond essentiellement aux situations de 1987 et surtout de 1993.

Le territoire

Le territoire retenu pour l'enquête de 1993 s'étend sur 3 500 kilomètres carrés. Il regroupe près de 130 municipalités, totalisant 3,263 millions d'habitants et 1,295 million de ménages. Il correspond au bassin d'emploi et de résidence du très Grand Montréal. Il ne s'appuie pas sur un découpage géographique, mais suit le mouvement d'étalement urbain afin de s'adapter à la zone d'attraction de l'agglomération. Par rapport à 1987 le territoire s'est agrandi d'une vingtaine de municipalités en périphérie.

Le territoire est constitué par l'île de Montréal (Communauté Urbaine de Montréal), l'île de Laval, les communes de la Rives Sud et un grand nombre de communes environnantes.

Voici les données des dernières enquêtes réalisées :

Année	Surface (km ²)	population (en milliers)	ménage (en milliers)	taux de sondage (%)	déplacement (en milliers)
1970	1289	2.574	752	3,78	199
1974	2331	2.824	897	4,78	265
1978	2331	2.954	1.032	5,31	305
1982	3341	2.895	1.071	6,98	492
1987	3350	2.900	1.080	5,00	
1993	3500	3.263	1.295	5,00	

Plusieurs compagnies de transports collectifs opèrent sur ce territoire : la STCUM sur le territoire de la Communauté Urbaine de Montréal, La Société de Transport de la Ville de Laval (STL) sur l'île de Laval, la Société de Transport de la Rive-Sud de Montréal (STRSM) sur le territoire de la rive Sud de la Communauté Urbaine de Montréal, enfin quelques Conseils Inter-municipaux de Transport (CIT).

L'échantillon

L'échantillon est issu du fichier-ménage de facturation de Bell Canada, société canadienne des téléphones. Ce fichier ne comprend pas les numéros de téléphone commerciaux. Il correspond donc aux pages blanches de l'annuaire téléphonique. L'utilisation du fichier de facturation, plutôt que du fichier des abonnés, permet de sélectionner un seul numéro par ménage. Ensuite un tirage aléatoire est effectué sur ce fichier pour en extraire 7,14% des ménages. C'est ce dernier fichier qui est utilisé pour réaliser les enquêtes. Il coûte environ un franc par ménage. Compte tenu des refus de réponse, des ménages injoignables, etc. l'échantillon final, soit 65 000 ménages, représente 5% des ménages.

La liste des abonnés de Bell Canada étant structurée et triée selon le code postal du domicile des abonnés, la méthode d'échantillonnage systématique consiste à choisir toutes les quatorzièmes unités. On dispose ainsi d'un échantillon uniformément réparti sur l'ensemble du territoire. De plus, lors de l'enquête, on s'assure d'un taux de sondage et d'un nombre d'enquêtes suffisant dans chacun des secteurs d'enquête. La répartition des enquêtes par grand secteur est la suivante :

Communauté Urbaine de Montréal	33 104
Île de Laval	5 689
Rive-Sud (7 municipalités)	7 744
Périphérie	18 722
Total	65 259

Enfin, le choix du jour et de la semaine d'enquête respecte certaines règles visant à assurer la meilleure représentativité possible.

Cette technique d'échantillonnage donne de bons résultats. Toutefois, certains ménages en sont exclus. Les ménages sans téléphone ne peuvent être atteints, même si leur nombre est très faible au Québec. Il en est de même des personnes disposant d'un local commercial à domicile, dont le numéro est le même que celui du domicile et qui sont inscrits uniquement sur l'annuaire professionnel. Le cas des ménages collectifs (étudiants en résidence, maison de retraite, ...) est également délicat. Enfin, de plus en plus de ménages se font inscrire sur liste rouge. Pour ces derniers, la Société des téléphones canadiens accepte de fournir leur nombre ainsi que leur répartition dans l'espace selon l'indicatif téléphonique. Toutes ces difficultés sont cependant minimisées par la disposition de données très précises provenant du recensement de la population, réalisé tous les 5 ans par Statistiques Canada. Ces données sont disponibles le plus souvent à l'ilot.

Le développement des répondeurs et les options de filtre des communications qu'ils commencent à proposer aux abonnés, inquiète davantage les responsables de l'enquête. L'enquête de 1993 permettra de tester si cette crainte est fondée. Par contre, il amène à porter une attention toute particulière à l'information de la population.

Le redressement des données s'effectue ensuite sur la base du logis. Les coefficients de redressement sont calculés à partir des données du recensement réalisé par Statistiques Canada. Dans un premier temps, le découpage retenu est celui des municipalités ou subdivisions de recensement. Ensuite les secteurs de recensement, qui correspondent approximativement aux îlots, sont utilisés pour effectuer la pondération fine.

L'information de la population

De nombreuses actions d'informations et de sensibilisations sont réalisées grâce à l'aide de la presse écrite, parlée et télévisée, ainsi que la biais de campagne de publicité. Tous les élus de la zone d'enquête sont personnellement informés de la tenue de l'enquête. De plus, chaque ménage sélectionné reçoit un courrier une semaine avant l'appel téléphonique l'informant de la réalisation d'une enquête téléphonique. Dans ce courrier figure un numéro de téléphone pour obtenir des renseignements ainsi qu'un aperçu du genre de questions posées.

L'ensemble de la communication est centré sur le bien-fondé et l'importance de cette enquête et sur la confidentialité des renseignements fournis.

La sélection et la formation du personnel d'enquête

C'est un personnel important qui est nécessaire pour réaliser l'enquête. L'équipe de téléphonistes devrait comprendre 45 à 50 personnes pour réaliser les 65 000 enquêtes prévues en 1993. A cet effectif, il faut ajouter le personnel assurant la codification et la validation automatique des données. Enfin, le personnel d'encadrement est en grande partie fourni par la STCUM et l'Ecole Polytechnique. Le ministère des Transports du Québec devrait également apporter sa contribution pour la prochaine enquête.

L'ensemble du personnel reçoit une formation permettant de s'assurer d'une bonne qualité de réalisation des enquêtes.

La rédaction du questionnaire

Depuis les premières enquêtes O-D réalisées par téléphone, le questionnaire de l'enquête a peu évolué. Il ne contient que les renseignements nécessaires aux études de planification des réseaux de transport de l'agglomération de Montréal. Il a été conçu de telle sorte que son déroulement n'excède pas 7 à 8 minutes par ménage, l'expérience montrant qu'au-delà, le taux de refus de participation ou d'interruption en cours d'enquête a tendance à augmenter fortement.

Le questionnaire de l'enquête de 1987 (Cf. en annexe) comprend les renseignements suivants :

Ménage :

- jour de l'enquête,
- statut de l'enquête : complété au 1er, 2ème ou 3ème appel, pas de téléphone, renseignements incomplets, refus de réponse, pas de réponse au 3ème appel, langue étrangère,
- enquêteur,
- nombre de personnes dans le logis,
- nombre d'autos dans le logis,
- adresse du ménage,

Personne :

- rang de la personne dans le ménage,
- âge,
- sexe,
- auto propriétaire,

Déplacement :

- motif : travail, études, loisirs, magasinage (achats), autres, retour au domicile,
- destination,
- heure de départ,

- mode de transport : automobile conducteur ou passager, TC (bus (en spécifiant le(s) opérateur(s), métro, train de banlieue), autobus scolaire, autres autobus, taxi, moto, vélo, à pied,
 - si TC détail des lignes empruntées (jusqu'à 5 lignes),
 - si point de jonction intermodale : mode privé vers TC ou l'inverse + adresse du point de jonction,
- heure du retour au domicile.

Le déplacement est défini comme "l'action de se mouvoir d'un endroit à un autre, pour un motif précis. On entend par origine, le point de départ d'un déplacement, et par destination, son point d'arrivée final" (STCUM, 1987).

Dans cette enquête, les accompagnements ne sont pas pris en compte, sauf s'ils constituent le motif unique du déplacement. D'autre part, compte tenu de la précision de l'enquête, il est probable qu'une partie des petits déplacements (principalement ceux réalisés à pied ou pour des arrêts pour de petites courses, comme acheter du pain ou des cigarettes, ..., au cours d'un trajet ayant un autre motif principal) échappe au recueil.

Il s'agit bien évidemment d'une limite de cette enquête qui est principalement motivée par la volonté de réduire la durée et la complexité du recueil de données. Toutefois, compte tenu des principales utilisations de l'enquête, l'incertitude ainsi introduite reste faible.

Pour l'enquête de 1993, l'équipe de l'Ecole Polytechnique souhaite introduire de nouvelles questions :

- sur les titres de transports utilisés pour les déplacements en transport collectif,
- sur les déplacements en voiture particulière pour appréhender le stationnement (stationnement gratuit ou payant, si oui payé par l'entreprise?) et l'itinéraire automobile. Dans un premier temps, cette dernière question pourrait être limitée aux ponts empruntés pour la circulation inter-rives, mais elle pourrait être ensuite élargie aux grands axes routiers utilisés. L'objectif est de pouvoir développer le système MADITUC pour l'automobile et d'améliorer le module d'affectation des déplacements.

L'enquête de 1993 devrait être accompagnée d'une grande campagne de comptages sur tous les ponts et les principaux axes routiers sur le périmètre de l'enquête. Ces recueils devraient permettre de comparer ces deux sources de données et d'estimer la part des déplacements non repérés par l'enquête O-D (déplacements des non résidents permanents de la zone, flux de transit et d'échange, déplacements de livraisons ou de marchandises, ...).

La réalisation de l'enquête

L'enquête de 1993 sera réalisée à l'automne entre le 6 septembre et le 24 décembre.

L'ensemble des activités, menant à la réalisation de l'enquête se subdivise en trois phases :

- préparation des systèmes d'information,
- réalisation de la collecte des données,
- traitement des informations.

Elle se déroule normalement sur une période de 2 ans (octobre 1992 à juillet 1994).

La préparation des systèmes d'information comprend les phases suivantes :

- développement du logiciel de saisie des données (novembre 1992 à mars 1993),
- la mise à jour des bases de données concernant les réseaux de transports collectifs et viaires, les territoires, et la base nécessaire à la codification des adresses comprenant les fichiers de générateurs (c'est-à-dire de tous les lieux pouvant être cités par les enquêtés pour indiquer une localisation), de rues et d'intersections de rues (mars à mai 1993),
- le développement de la procédure de géolocalisation des adresses (avril à juillet 1993),
- opérationnalisation du logiciel de saisie directe des données (mai à juin 1993),
- la finalisation du questionnaire, échantillon, préparation du matériel utilisé par l'encadrement (mars à juillet 1993),
- la publicité et la promotion de l'enquête (juillet à septembre 1993),

Le traitement des informations comprend les phases suivantes :

- la géolocalisation des données (octobre 1993 à février 1994),
- la validation des données (décembre 1993 à avril 1994),
- la production des fichiers (mai à juin 1994),
- enfin la production du rapport final en juillet 1994.

L'ensemble de ces activités est géré par un comité de pilotage associant des personnels de la STCUM et du Ministère des Transports.

L'enquête est réalisée tous les jours de la semaine. Elle porte sur la veille du jour où l'enquête est réalisée, sauf pour le lundi pour lequel sont saisis les déplacements du vendredi précédent.

Les enquêtes sont réalisées le soir de 18h00 à 22h00. Si un ménage n'a pu être contacté au bout de trois appels le soir, une nouvelle série de tentatives est effectuée l'après midi. Les renseignements sont saisis pour l'ensemble des personnes du ménage, mais c'est la personne qui répond au téléphone (ou celle qui prend le téléphone pour répondre aux questions sur le ménage) qui fournit les données pour tous les membres du ménage. Cette méthode introduit probablement un biais dans les réponses obtenues pour les personnes qui ne répondent pas directement au téléphone, surtout si elles ne sont pas présentes dans le domicile au moment de l'appel.

Les appels durent en moyenne de 7 à 8 minutes. Ainsi, chaque enquêteur réalise en moyenne 30 enquêtes par jour.

Pour obtenir un taux de réponse élevé, diverses opérations sont réalisées. En premier lieu, l'information destinée au public est très développée (Cf. paragraphe précédent). Le personnel est spécialement formé à cet effet. Les responsables de l'enquête espèrent ainsi maintenir, voire améliorer le taux de réponses valides pour la prochaine enquête. En 1987, celui-ci avait été de 65,7%, alors qu'en 1982, il avait été plus élevé. Au total 81.282 numéros de téléphone ont été nécessaires. Ils se répartissent de la manière suivante :

Statut de l'enquête	nombre	proportion
ménages complétés	53.384	65,7 %
ménages ayant refusé de répondre	12.222	15,0 %
ménages non rejoint	7.747	9,5 %
ménages sans service téléphonique	5.764	7,1 %
ménages rejetés suite au traitement	1.612	2,0 %
ménages de langue étrangère	553	0,7 %
Total	81.282	100,0 %

La codification et la validation des données

Durant les enquêtes, les enquêteurs saisissent les adresses en clair ou, si l'enquêté ne connaît pas l'adresse, à partir d'un nom d'établissement ou de lieux ou encore par intersections de rues. Le codage est ensuite effectué informatiquement à partir des dictionnaires de base sur les "générateurs" (ensemble des lieux ayant un nom comme les entreprises, les administrations, les places, ...), sur les rues avec les numéros de rues entre chaque intersection, sur les intersections de rues. A chacun de ces lieux est associé un code postal.

Lorsque l'enquêté ne peut fournir l'adresse selon l'une des formes précédentes, l'enquêteur a pour consigne d'essayer d'obtenir une information même si elle est incomplète. Cette information sera ensuite utilisée pour créer une adresse probable ou pour la répartir en plusieurs codes postaux affectés de poids dont la somme est égale à 1. Par exemple, si une adresse ne comporte que le nom de la rue sans le numéro, il est possible de répartir cette adresse au prorata des codes postaux obtenus dans cette rue au cours de l'enquête. Il est même possible de raffiner cette codification en faisant intervenir le motif du déplacement considéré. La répartition de cette adresse sera obtenue au

prorata des codes postaux obtenus dans cette rue au cours de l'enquête pour le même motif. On peut également faire intervenir le mode, s'il est collectif en privilégiant les adresses situées à proximité de la ligne de bus en question, La procédure utilisée permet de construire une information probable à partir d'une information incomplète, plutôt que de la rejeter en totalité.

Cette procédure de codification, malgré l'importance du travail nécessaire à la constitution des dictionnaires, permet de faire des économies sur le codage des adresses, compte tenu de la finesse du repérage spatial. De plus, elle permet d'obtenir une bien meilleure qualité qu'une codification manuelle.

Une procédure de validation des données a été mise en place. Elle comporte un apurement aux bornes (détection des variables sortant de l'amplitude des valeurs admises), ainsi qu'un apurement logique (détection des incohérences entre les réponses fournies aux différentes questions). Ces tests sont effectués grâce aux dictionnaires d'informations de base, comme les fichiers réseaux, adresses, ... Il est par exemple possible de vérifier l'enchaînement des lignes de bus, la faisabilité des correspondances, l'adéquation entre les adresses fournies et les lignes de bus empruntées, la vérification qu'un déplacement réalisé pour motif achat s'effectue à une adresse où il existe des commerces, Cette validation est menée en deux étapes. La première relativement légère est effectuée quotidiennement sur les enquêtes réalisées au cours de la journée. Elle permet de corriger rapidement les enquêtes, au besoin en interrogeant de nouveau le ménage enquêté. La seconde est engagée à la fin de la période d'enquête.

1 - 1.3 Les coûts d'enquête

Une partie des coûts est supportée directement par la STCUM et le Ministère des Transports. Il s'agit notamment de la mise à disposition de personnels pour le comité de pilotage et certaines tâches de supervision de l'enquête. L'apport de l'équipe du Professeur CHAPLEAU n'est pas non plus intégré dans cette évaluation, car il fait l'objet d'un contrat de recherche spécifique. Enfin les phases amont et aval de l'enquête (préparation des systèmes d'informations et traitement des données) ne sont que très partiellement pris en compte. L'ensemble de ces coûts qui ne sont pas comptabilisés directement sont évalués par la STCUM à 450.000 dollars canadiens 1993, tandis que les opérations sous traitées, qui sont détaillées ci-dessous représentent un million de dollars canadiens 1993.

Les coûts sont relatifs à l'année 1993 et exprimés en dollars canadiens de 1993 (1 dollar canadien = 4,50 francs français) :

Dépenses fixes (cartes municipales et codes postaux, classeurs métalliques, location de fauteuils, location d'un photocopieur, publications statistiques Canada, fichiers informatiques, location d'une table à dessin 4pix5pi, logiciel de saisie directe, biens divers (Fax, ...), imprimantes HP Laser)	75.000
Dépenses variables ressources humaines (firme de collecte des 65.000 interviews (45 à 50 téléphonistes), codificateurs-valideurs (8 personnes))	725.000
Dépenses variables matérielles (disquettes de saisie de données, échantillonnage, dépliants publicitaires (conception, impression, enveloppes, affranchissement), lettres aux autorités)	75.000
Dépenses variables micro (achat équipement micro-informatique, logiciels micro-informatique, disquettes 3,5 HD 1,44 Mg, classeurs avec serrure)	62.500
Total hors taxes	937.500
Total incluant les taxes	968.761

1 - 2 Les autres enquêtes déplacements

1 - 2.1 Enquête Montée - Descente

L'enquête conduit à compter les usagers à la montée et à la descente à chaque arrêt d'une ligne de transport collectif. La période d'enquête porte sur une journée. L'ensemble des courses de la ligne est enquêté. Cette méthodologie permet d'obtenir la charge de la ligne arrêt par arrêt. En

revanche, elle ne permet pas d'accéder aux origines-destinations sur la ligne, ni aux correspondances avec le reste du réseau. Toutefois, l'équipe du Professeur CHAPLEAU a mis au point un logiciel (MAXOD) de reconstitution des origines-destinations à partir des comptes montée-descente.

Chaque ligne du réseau est enquêtée à peu près tous les deux ans. Ces comptages ne sont pas réalisés simultanément sur toutes les lignes du réseau, mais plutôt au gré des besoins d'étude de la STCUM. Le comptage est également effectué chaque fois qu'une ligne est créée ou modifiée.

1 - 2.2 Enquête de satisfaction STCUM

Tous les ans, la STCUM réalise une enquête de satisfaction auprès de la clientèle des transports collectifs. L'objectif est de rapprocher des préoccupations des usagers relativement à l'offre de transports collectifs, au service fourni, aux relations entre l'entreprise et la clientèle, à la sécurité et au confort et aux équipements annexes. Enfin le questionnaire est complété par quelques questions plus générales. Le questionnaire comporte un certain nombre d'items pour chacun de ces sujets. Les enquêtés expriment leur niveau de satisfaction par une note comprise entre 1 et 10 pour chacun de ces items.

L'enquête est effectuée par téléphone auprès de 4.000 personnes de 15 ans et plus, ayant utilisé la STCUM au cours des 7 derniers jours. Elle est réalisée sur le territoire de la Communauté Urbaine de Montréal, de l'île de Laval et de la Rive Sud, au cours des mois de novembre et de décembre. La durée moyenne de l'enquête est de 14 minutes. Les ménages sont appelés jusqu'à 8 fois pour tenter de les rejoindre en cas d'absence. Le taux de réponse est de 65,4%. La personne répondant à l'enquête est sélectionnée de manière aléatoire au sein du ménage entre les personnes du ménage de plus de 15 ans ayant utilisé au moins une fois le réseau de la STCUM au cours des 7 derniers jours (selon la grille de Kish). Si cette personne n'est pas présente au domicile, l'enquêteur choisi (toujours à l'aide de la grille de Kish) un non utilisateur. Le coût de l'enquête est de 50.000 dollars canadiens en 1992.

1 - 2.3 Comptages routiers

En dehors des ponts et de quelques axes autoroutiers (soit une trentaine de postes), il n'existe pas de poste de comptage permanent sur le territoire de l'aire métropolitaine de Montréal. Les comptages sont réalisés au gré des besoins d'étude des services du Ministère des Transports ou des collectivités concernées. Par contre, une campagne de comptages a été réalisée, en 1987, sur les grands axes routiers de l'agglomération. Une autre campagne est prévue en 1993 en simultanéité avec l'enquête O-D. Elle sera principalement financée par le Ministère des Transports du Québec. Tous les ponts et les principaux axes routiers devraient être concernés.

Aucune enquête cordon n'a été réalisée sur l'agglomération de Montréal. Le trafic de transit ou d'échange n'est donc pas connu. Cette absence d'information ne semble pas toutefois être très problématique pour les responsables des transports de Montréal. Compte tenu de l'étendue de l'aire d'étude de l'enquête O-D, le trafic d'échange non repéré par cette enquête est relativement faible. En ce qui concerne le trafic de transit, il est principalement concentré sur l'autoroute métropolitaine qui traverse l'agglomération montréalaise.

En l'absence de comptage et d'enquête cordon, le calage du modèle de trafic routier EMME2 utilisé sur Montréal est réalisé à partir des données de l'enquête O-D. Il est cependant probable que la campagne de comptages prévue à la même période que l'enquête O-D permettra d'affiner ce calage.

2 - Les enquêtes régionales Origine-Destination de Toronto

Comme pour Montréal, nous adoptons une présentation essentiellement méthodologique de l'enquête. Nous nous limitons aux deux dernières enquêtes de 1986 et 1991 qui présentent le plus d'avancées méthodologiques. Les autres bases de données utilisées pour la planification étant comparable à celles de Montréal, nous nous abstenons de les exposer ici.

2 - 1 L'enquête de 1986

La présentation qui suit est tirée du rapport *"THE TRANSPORT TOMORROW SURVEY 1986 : Design and conduct of the survey"*

Etude préparée pour The Toronto Area Transportation planning Data Collection Steering Committee, par the Tranplan Associates et les membres of the Transportation Tomorrow Survey Work Group.

2 - 1.1 Introduction

The Transportation Tomorrow Survey est une enquête de transport majeure réalisée entre septembre et décembre 1986. Elle a consisté à interroger 61 000 ménages par téléphone dans l'aire métropolitaine de Toronto et dans les municipalités régionales du Comté d'Hamilton-Wentworth, , Peel, York et Durham.

Le projet a été entrepris et réalisé par le Ministère des Transports et des Communications de l'Ontario et les six municipalités régionales comprises dans l'aire d'étude. En ce qui concerne l'aire métropolitaine de Toronto, la participation a été partagée entre The Metro Planning Department et The Toronto Transit Commission.

La dernière enquête importante en transport datait de 1964 (l'enquête origine-destination MTARTS). Depuis 1977, les principales agences publiques, telle que The Toronto Area Transportation planning Data Collection Steering Committee, ont régulièrement cherché à coordonner diverses bases de données. En 1985, le TATPDCSC a envisagé la production d'une importante enquête qui puisse coïncider avec le recensement de la population de 1986.

2 - 1.2 Description de l'enquête

Les entretiens d'enquête ont été réalisés par téléphone entre le 16 septembre et le 13 décembre 1986. Ils ont été confiés à une société de recherche en marketing.

Un échantillon de ménages (noms, adresses et numéros de téléphone) a été commandé à la compagnie canadienne du téléphone (Bell Canada). Une lettre a été envoyée au préalable aux ménages concernés par le Regional Chairman et le Ministère des Transports et des Communications. L'échantillon utilisé se composait de 102 606 ménages, avec un taux de refus de 25.9%, un taux de réponse de 73.7% et un taux de validation de 60.1%.

Les interviews ont été effectuées par 60 téléphonistes de Toronto (couvrant Toronto, Durham, York et Peel) et 12 téléphonistes d'Hamilton (couvrant Hamilton-Wentworth et Halton).

Jusqu'à cinq essais ont été effectués par ménage (une ligne occupée n'étant pas prise en compte sur ces cinq tentatives) :

- 50.7% des interviews ont été réalisées à l'occasion du premier appel,
- 25.2% des interviews ont été réalisées à l'occasion du second appel,
- 12.2% des interviews ont été réalisées à l'occasion du troisième appel,
- 6.3% des interviews ont été réalisées à l'occasion du quatrième appel,
- 5.6% des interviews ont été réalisées à l'occasion du cinquième appel.

Les interviewers enregistraient les réponses sous une forme codée et effectuaient 3.5 interviews par heure.

	Nombre d'interviews complétées	% de l'ensemble des ménages
Metropolitan Toronto	34 398	4.0%
Peel	7 661	4.2%
Hamilton-Wenworth	6 549	4.1%
York	4 628	4.6%
Durham	4 388	4.1%
Halton	4 050	4.5%
Inconnu/externe	34	0.1%
Total	61 708	4.1%

2 - 1.3 Le coût de l'enquête

800 000 \$ auxquels il faut ajouter diverses contributions des services, d'offres et de main d'oeuvre de la part des agences participantes. Le Ministère des Transports et des Communications donna également son accord pour le financement du coût total de l'enquête pilote (test de l'enquête).

* Sources de financement :

- 1.- Financé conjoint Région et Province, 827 000 \$ (Province 627 000 \$ et Régions 200 000 \$),
 - 2.- Financement spécial des Provinces pour l'enquête pilote et le carnet de bord, 86 000 \$,
 - 3.- Offres, services et main d'oeuvre fournies par les agences, 130 000 \$.
- Total 1 043 000 \$.

Résumé des dépenses

1.- Administration	88 000 \$
2.- Enquête pilote	37 000 \$
3.- Interviews par téléphone	501 000 \$
4.- Codage géographique	301 000 \$
5.- Autre	65 000 \$
6.- Carnets de bord	51 000 \$
Total	1 043 000 \$.

2 - 1.4 Questionnaire proposé

"Bonjour, mon nom est "....." je vous appelle pour l'enquête concernant les transports de demain. Est-ce que c'est bien le ménage "....." qui vit à "....." ?

Changer ou corriger l'adresse si nécessaire.

S'il s'agit du lieu de travail, vérifier le numéro de téléphone et demander s'il s'agit également du domicile

"Vous avez dû recevoir une lettre expliquant le but de cette enquête des gouvernement régionaux et provinciaux sur les modèles de déplacements, vous informant de mon appel. Je voudrais commencer le questionnaire maintenant si c'est possible. Tout ce que je vous demande sera strictement confidentiel."

Répondre aux questions ou programmer un appel ultérieur si l'interviewé n'est pas capable de fournir les informations relatives aux déplacements.

"Tout d'abord je souhaiterais vous poser quelques questions relatives à votre ménage"

1. Vivez-vous dans une maison ou un appartement ?

2. Combien de personnes vivent habituellement à votre domicile ?
3. De combien de véhicules motorisés tels que les voitures, les camionnettes ou les 2 roues les membres de votre ménage disposent-ils ?
4. Quel âge avez-vous ? (enregistrer le sexe)
5. Avez-vous un permis de conduire ?
6. Avez-vous un emploi ?
 - si oui au domicile ou ailleurs ?
 - à temps complet ou partiel ?
 - si non êtes-vous étudiant ou autre ?
7. Qu'elle est la personne suivante composant votre ménage ?
questions 4 à 6 à chaque fois
A présent je voudrais vous interroger sur vos déplacements et ceux des autres membres de votre ménage effectués hier
8. Quittez-vous votre domicile à l'occasion de votre premier déplacement ?
- 8a. Si non d'où venez-vous ?
9. Où allez-vous ? Y allez-vous directement ou non ?
Si l'arrêt correspondait à un but particulier, faire de l'arrêt une destination, et enregistrer le déplacement de cet arrêt à la prochaine destination comme un autre déplacement. S'il s'agit d'une intersection préciser les noms des rues se croisant
Où ça ?
Dans quelle ville ou quartier cela se situe-t-il ?
10. Comment vous y êtes vous rendu ?
Si transport collectif demander les lignes de bus empruntées
11. A quelle heure avez-vous commencé ce déplacement ?
12. Quel était le but de ce déplacement ?
Si le renseignement n'est pas déjà évident
13. Où êtes-vous allé ensuite ?
questions 9 à 12
14. A présent je voudrais vous poser les mêmes questions pour les autres membres de votre ménage.
MERCI POUR VOTRE COOPERATION

2 - 1.5 Codage des réponses

Le codage des données s'est accompagné d'une validation automatique des données (apurement aux bornes et logiques). Les enregistrements acceptés étaient fournis à une équipe du personnel de TATPDCSC pour le codage des adresses de toutes les origines et destinations dans les enregistrements de déplacements.

Le codage des données d'adresse fut accompli par l'utilisation d'un nouveau procédé automatisé développé spécifiquement pour The Transportation Tomorrow Survey. Le système, basé sur micro-ordinateur, utilisait les fichiers de Statistiques Canada (Statistics Canada Area Master Files) pour affecter des coordonnées uniques X-Y pour chaque adresse (système de coordonnées UTM capable de localiser chaque point de la terre avec une précision d'un mètre). The Area Master Files affecte les adresses au centre des côtés d'îlot respectifs.

Le logiciel de géocodage a été développé avec la capacité de traiter les intersections et monuments aussi bien que les adresses de rue détaillées. Les personnes interrogées reportaient l'extrémité finale de leurs déplacements de la manière suivante :

- adresses détaillées 52%
- monuments 30%
- intersections 18%

2 - 1.6 Taux d'échantillonnage

Taux d'échantillonnage minimum recommandé par le bureau américain des routes publiques

Population	Pourcentage minimum	Pourcentage recommandé
Moins de 50 000	10%	20%
50 000 -150 000	5%	12.5%
150 000-300 000	3%	10%
300 000-500 000	2%	6.6%
500 000-1 000 000	1.5%	5%
Plus de 1 000 000	1%	4%

2 - 2 L'enquête de 1991

Cette présentation est tirée du rapport "1991 TRANSPORT TOMORROW SURVEY : Design and conduct of the survey"

Préparé pour the Toronto Area Transportation Planning Data Collection Steering Committee; August 1992; Data Management Group, University of Toronto, Joint program in transportation

2 - 2.1 Généralités

Cette enquête a été réalisée pour assurer la mise à jour de celle réalisée en 1986. Elle s'est déroulée de septembre à décembre. Elle a porté sur plus de 22 000 ménages appartenant aux "municipalités régionales de Comté" (Regional municipalities) suivantes :

- Durham,
- Hamilton-Wentworth,
- Halton,
- Metropolitan Toronto,
- Peel,
- York.

2 200 enquêtes supplémentaires ont été conduites dans les petites communes immédiatement adjacentes aux banlieues des communes citées précédemment.

L'enquête a été entreprise et financée par le Ministère des Transports de l'Ontario, les 6 municipalités régionales de Comté du territoire d'enquête et la commission de transport collectif de Toronto (Toronto Transit Commission). Les représentants de ces différents organismes se réunissent régulièrement dans le cadre du "Toronto Area Transportation Planning Data Collection Steering Committee (TATPDCSC)" qui a été créé en 1977 pour coordonner la collecte des données entre ces organismes. La date de l'enquête a été choisie de telle sorte qu'elle puisse se dérouler en même temps que le recensement, comme pour celle de 1986.

2 - 2.2 Planification et design de l'enquête

La planification de l'enquête a débuté fin 1989. Une structure de coordination a été mise en place à cette date sous la responsabilité du TATPDCSC. Des groupes de travail ont également été constitués sur les thèmes suivants :

- élaboration ("design") de l'enquête,
- élaboration de l'échantillonnage,
- contrôle de qualité,
- publicité,
- codage,
- validation,
- financement.

LABORATOIRE D'ÉCONOMIE DES TRANSPORTS
M.R.A.S.H.
 14, avenue Berthelot
 69363 LYON CEDEX 07
 Tél. 72.72.64.03

En raison des contraintes financières, l'enquête de 1991 a porté sur un échantillon plus petit que celle de 1986. Le taux de sondage de 1986 (4,1%) a été maintenu dans les zones ayant connu la

plus forte croissance de population (plus de 17%), alors que dans les autres zones, il était ramené à 0,5%. L'aire d'enquête a été étendue pour inclure les municipalités adjacentes au Grand Toronto (Greater Toronto Area).

La principale innovation dans la réalisation de l'enquête, par rapport à celle de 1986, a concerné la saisie directe sur ordinateur des questionnaires lors de l'interview. Les objectifs principaux ayant guidé ce choix sont l'amélioration du contrôle de qualité de l'enquête et une réduction du temps nécessaire à la saisie complète des enquêtes.

2 - 2.3 Les interviews

Les interviews ont été conduites par téléphone entre le 5 septembre et le 15 décembre 1991. Elles se déroulaient entre 18 et 22 heures la semaine et entre 12 et 17 heures le samedi. Elles portaient sur le jour de semaine précédent le jour d'enquête, à l'exception de certains jeudis qui ont été enquêtés des samedi pour éviter une sur-représentation du vendredi. L'enquête a nécessité 33 postes de travail. 75 personnes ont été embauchées comme enquêteurs ou superviseurs.

L'échantillon a été obtenu auprès de Teledirect, filiale de Bell Canada, à partir du fichier des numéros de téléphone résidentiel (pages blanches de l'annuaire téléphonique). Il a été fourni avec l'adresse (nom de rue et code postal). Jusqu'à 8 appels ont été effectués pour atteindre les ménages.

Durant les premières semaines de l'enquête une importante grève est survenue dans Postes Canada, immédiatement suivie d'une grève des employés de l'entreprise de transport collectif de Metropolitan Toronto. Cette seconde grève a conduit à suspendre l'enquête pendant toute sa durée ainsi que pendant les 10 jours qui ont suivis. Les organisateurs de l'enquêtes estiment que ces grèves n'ont pas du altérer la qualité des données produites.

2 - 2.4 Codage

Le codage sur ordinateur a permis de faire un premier test succinct de cohérence générale de l'enquête, ainsi qu'en fin d'enquête d'un ménage, un récapitulatif visuel de l'ensemble de l'enquête. Une validation plus précise a été ensuite réalisée. En cas de besoin, le questionnaire était retourné à l'enquêteur pour qu'il rappelle le ménage interrogé afin d'obtenir les précisions nécessaires. Toutefois, en raison du premier test réalisé au cours de l'enquête les rappels ont été peu nombreux.

Statistiques d'enquête

nombre de postes d'interview ordinateur + téléphonistes	33
nombre de personnes recrutées téléphonistes + superviseurs	75
moyenne d'enquête validée réalisée par heure payée	3,76
échantillon utilisé pour réaliser l'enquête	34 167
contact téléphonique établi	27 813
refus de réponse	3 160 (11,4%)
enquête réalisée	24 653
enquête invalide	146
enquête valide	24 507

Répartition des enquêtes entre les communes

	Nombre d'interviews valides	% de la population de la commune
Metropolitan Toronto	7363	0,9%
Durham	2951	1,8%
York	4384	2,7%
Peel	3964	1,7%
Halton	1509	1,4%
Hamilton-Wentworth	2116	1,4%
communes adjacentes	2224	4,1%
Total	24507	1,4%

Une fois la validation terminée, les adresses ont été codifiées en coordonnées x-y selon le système de coordonnées UTM, comme en 1986. Ce codage a été principalement réalisé informatiquement, grâce notamment au fichier Area Files de Statistiques Canada qui fournit les coordonnées UTM de chaque centroïde de côté d'îlot et de chaque intersection repérée par les noms de rue ou le code postal. Cette opération a été réalisée tout au long du déroulement de l'enquête pour permettre d'obtenir un complément d'information auprès des enquêtés lorsque cela s'avérait nécessaire. Cet objectif a nécessité de recourir à une équipe de 6 codeurs-vérificateurs supervisés par un responsable du codage. A part quelques exceptions l'objectif a été atteint puisque les enquêtes étaient complètement codées/validées dans un délais de 3 jours et l'opération a été entièrement terminée fin janvier 1992, alors qu'en 1986 cette opération ne s'était achevée que 6 mois après la fin de l'enquête.

2 - 2.5 Coût d'enquête

Le budget prévu pour l'enquête, incluant le développement du système, l'analyse et la production des rapports est de 877 000 \$ pour un minimum de 23 000 enquêtes validées. Le budget s'est finalement établie à 834 000 \$ pour 24 500 enquêtes valides, se répartissant en :

développement du système	173 000 \$
réalisation de l'enquête	481 000 \$
analyse et rapports (estimation)	180 000 \$

Analyse de la structure des coûts de 1986 et 1991

Coûts variables (proportionnels au nombre d'enquêtes)				
	1991		1986	
	Total (en \$)	\$/ménage	Total (en \$)	\$/ménage
interview	208 000	8,49	403 000	6,54
codage	50 000	2,03	423 000	6,85
divers	53 000	2,18	144 000	2,33
Sous total	311 000	12,69	970 000	15,72
Coûts fixes (non directement relié au nombre d'enquêtes)				
	1991		1986	
	Total (en \$)	\$/ménage	Total (en \$)	\$/ménage
test de l'enquête	5 000		47 000	
management de l'enquête	92 000		112 000	
autres	73 000		83 000	
Sous total	170 000	6,94	242 000	3,91
Total	481 000	19,63	1 212 000	19,63

Cette évaluation a été réalisée en majorant les coûts de 26% pour l'enquête de 1986 pour tenir compte de l'inflation entre les deux périodes. Le coût des interviews a été plus important en 1991, car leur rémunération était élevée pour recruter et conserver de bons enquêteurs tout au long de

l'enquête (les enquêteurs étaient rémunérés 8\$ de l'heure au cours des 2 premières semaines, puis en fonction de leur performance leur rémunération variaient de 9 à 12 \$ de l'heure, la moyenne s'établissant à 10,30 \$, soit de l'ordre de 20% de plus que le marché). Il en est de même pour les superviseurs (la rémunération était de 11 \$ pour les deux premières semaines, puis de 12,5 à 14 \$ selon la performance avec une moyenne de 12,62 \$ de l'heure). En revanche des gains importants ont été obtenus sur l'opération de codage, d'une part grâce à la validation des données réalisées au cours de l'interview (amélioration de la qualité des données) et d'autre part à l'amélioration du logiciel de géocodage des adresses.

2 - 2.6 Conclusions et recommandations

La structure organisationnelle retenue a permis de réduire l'utilisation du personnel des différents organismes participant à l'enquête par rapport à 1986. De plus, elle assure une continuité dans la direction de l'enquête. Il est souhaitable qu'une seule personne ait la responsabilité de l'ensemble du déroulement de l'enquête du début à la fin.

Le codage direct de l'enquête est hautement souhaitable pour améliorer la rapidité d'exécution de l'enquête. Il faut toutefois prévoir :

- d'intégrer dans un processus informatique unique : l'échantillonnage, le codage et des indicateurs de performance et d'avancement de l'enquête,
- une période de test suffisamment longue doit être prévue dans le planning de l'enquête. 12 à 18 mois sont nécessaires pour un premier codage direct, 6 à 12 mois pour le renouvellement de l'opération
- une équipe d'appui technique (informatique) doit être prévue pour régler les problèmes au fur et à mesure.

La validation de l'itinéraire TC lors de l'enquête a permis de réduire de manière importante les données incomplètes ou incohérentes et donc d'améliorer le pourcentage d'enquêtes validées.

Par rapport à l'enquête de 1986, les enquêteurs et superviseurs ont été plus performants pour plusieurs raisons :

- le nombre plus faible de personnes recrutées,
- la localisation au centre-ville de l'équipe
- la possibilité de retenir le personnel ayant réalisé l'enquête de test du questionnaire comme superviseurs de l'enquête,
- formation approfondie,
- rémunération de base plus élevée et bonification accrue,
- un environnement de travail plus agréable.

Le géocodage informatisé permet un gain important par rapport à un codage zonal manuel.

Il est recommandé de porter le taux de sondage à 5% sur l'ensemble du territoire de l'enquête, car même dans les zones n'ayant pas connu de croissance de population on peut observer des modifications significatives dans les pratiques de mobilité.

2 - 2.7 Renseignements complémentaires

Les travaux nécessaires à la saisie directe des enquêtes ont débuté en mai 1990 par le choix du bureau de consultant (B-A Consulting) chargé de la mise en oeuvre du logiciel de saisie directe. En décembre 1990, des pré-tests ont été réalisés sur 22 interviews. En février 1991, un second pré-test a été conduit auprès de 93 ménages. Enfin le dernier pré-test s'est déroulé en juin 1991. en juillet 1991 une pré-enquête (pilot survey) a été effectuée auprès de 817 ménages.

Par rapport au questionnaire de 1986, les ajouts suivants ont été introduits :

- localisation du travail,
- nom de l'école,
- disposition d'une place de parking sur le lieu de travail.

Bases de données utilisées pour le codage automatique des adresses :

- 1- fichier de conversion des codes postaux : fichier fournissant les coordonnées x-y du centroïde de côté d'îlot pour chaque code postal
- 2- fichier des monuments (bâtiments, lieux publics, noms des entreprises, des commerces, ...) repérés par les coordonnées x-y. Le fichier constitué en 1986 a été réutilisé et complété par quelques nouvelles adresses, notamment la saisie exhaustive des lieux d'enseignement, des hôpitaux et lieux de soins et des crèches. Ce fichier comprend 19 000 adresses,
- 3- fichier des noms de places,
- 4- fichier des adresses de rues à partir de l'"aera master files".

Statistiques sur le taux de réponse

	Nombre de ménages
fichier disponible (Bell Canada)	57 599
adresse non utilisée	20 671
courrier envoyé	36 928
appel non réalisé en raison de la grève	1 961
appel non réalisé en fin d'enquête	800
échantillon utilisé	34 167
pas de réponse après 8 tentatives	2 115
téléphone hors service	1 504
téléphone professionnel non utilisable pour l'enquête	1 909
refus de réponse	3 160
enquête incomplète ou non utilisable malgré les tentatives de rappel	776
enquête rejetée après l'apurement général	113
enquête rejetée lors de l'opération de géocodage	33
fichier disponible	24 507

3 - Les autres bases de données

Le système MADITUC se trouve au centre d'un système d'information constitué par un triptyque : demande, territoire et réseaux. Les enquêtes O-D fournissent l'information sur la demande de transport. En revanche, les deux autres composantes sont alimentées par d'autres bases de données que nous présentons dans cette section.

3 - 1 Les bases de données territoires

3 - 1.1 Dictionnaire des municipalités

Il contient la liste des municipalités avec leur code.

3 - 1.2 Dictionnaires des codes postaux de Postes Canada

Le fichier des codes postaux est établi par Postes Canada pour faciliter le tri et la distribution du courrier. C'est un code alphanumérique à six caractères, dont les trois premiers correspondent à des régions précises et stables appelées régions de tri d'acheminement (RTA, il y a 141 RTA). Les trois derniers caractères correspondent à l'unité de distribution locale (UDL). Dans les régions urbaines, l'UDL peut être associée à une petite partie, aisément définie, d'une RTA, comme un côté d'îlot, un immeuble (d'appartements ou de bureaux) ou encore une entreprise ou organisation qui reçoit beaucoup de courrier par la poste. En régions rurales, un nombre restreint de codes postaux (parfois un seul) sont attribués à chaque municipalité.

Les codes postaux peuvent être référencés spatialement à l'aide des coordonnées géographiques (système international de coordonnées U.T.M., basé sur la projection universelle transverse de Mercator) à l'aide d'un fichier de statistique Canada qui fait le lien entre les "côtés d'îlot" et le code postal. Le fichier de codes postaux est régulièrement remis à jour par la Société des Postes qui l'utilise quotidiennement. 100.000 codes postaux sont nécessaires pour couvrir le territoire d'enquête.

Lors de l'enquête O-D de 1987, 43.000 codes postaux ont été actifs (c'est-à-dire que l'adresse correspondante a été citée au cours de l'enquête). De plus, pour les besoins de l'enquête, 5 à 6.000 codes ont été ajoutés pour identifier les places, les parc, ... soit des zones non concernées par la distribution du courrier.

3 - 1.3 Les divers découpages

Au-delà des deux découpages cités ci-dessus, plusieurs autres sont utilisés pour les besoins des études de planification :

- "trafic zone" découpage utilisé pour les études effectuées à l'aide du logiciel EMME2. Il sert lors de la phase de génération pour la qualification des zones en termes d'emplois, de population et de commerces. Il comprend 700 zones,
- "transit zone" : ce découpage est également utilisé pour les études EMME2 lors de la phase d'affectation. Il comprend 1.500 zones,
- secteur de recensement : découpage utilisé pour le recensement. Il contient 500 zones pour l'ensemble de l'agglomération de Montréal,
- secteur de dénombrement : découpage utilisé pour le recensement. Chaque zone comprend 250 à 300 ménages. Il contient 4.134 zones pour l'ensemble de l'agglomération de Montréal,

Ces différents découpages s'emboîtent les uns dans les autres. Grâce aux dictionnaires d'équivalence entre zones, il est aisé de passer de l'un à l'autre.

3 - 2 Les bases de données réseaux

3 - 2.1 "Aera Master file"

Il contient la totalité du réseau viaire digitalisé, avec les noms et numéros de rues et les codes postaux associés. L'information sur les débits des voies n'est pas connue. Par contre, la classe de la voie est disponible.

3 - 2.2 Réseaux de transports collectifs

La STCUM et l'Ecole Polytechnique de Montréal ont digitalisé le réseau de transports collectifs de l'agglomération montréalaise. Celui-ci est défini avec les caractéristiques de toutes les lignes du réseau : vitesse, fréquence, capacité des véhicules, itinéraires avec le repérage de la plupart des arrêts, ...

3 - 2.3 SIGGAR (arrêts de bus)

La base de données SIGGAR. Il s'agit d'un projet de la STCUM qui est en cours de réalisation. Il consiste à repérer très finement chacun des 8.000 arrêts du réseau de transports collectifs. Les arrêts sont également identifiés avec leurs principaux attributs : abribus, poteaux, informations fournies,

3 - 3 Le recensement

Le recensement est effectué tous les 5 ans. Les données recueillies sont proches de celles disponibles en France. Elles sont disponibles soit à l'échelle du secteur de recensement (500 sur l'agglomération de Montréal) ou à celle du secteur de dénombrement (zone comportant de 250 à 300

ménages, il y en a 4.134 sur l'agglomération de Montréal). Cette base de données sert au redressement de l'enquête O-D.

Le recensement comprend 2 questionnaires. Le premier plus léger est exhaustif, tandis que le second plus complet est administré au 1/5.

3 - 4 Les autres bases de données

3 - 4.1 Dictionnaires des noms et numéros de rues

Il contient la liste des rues avec les numéros. Il permet d'associer un code postal à chaque adresse codée de manière alphanumérique.

3 - 4.2 Dictionnaires des intersections

Il permet d'associer une coordonnée x-y à chaque intersection de rue. A partir de cette coordonnée x-y, on peut obtenir le code postal, si l'on connaît le côté d'îlot correspondant dans l'intersection. Sinon, on peut associer le code postal le plus proche ou le plus probable ou encore établir une autre procédure au prorata de l'importance de chaque code postal situé à cette intersection,

3 - 4.3 Dictionnaire des générateurs ou "monuments"

Ce fichier a été construit progressivement à partir de l'enquête de 1982. Il a été enrichi par les adresses fournies par les enquêtés (après vérification) au cours de l'enquête de 1987. Il est complété au gré des informations disponibles ou lorsque des fichiers sur certains types de générateurs (comme les administrations, les lieux de commerces, les entreprises, ...) sont disponibles. Il sera également remis à jour avant la réalisation de l'enquête de 1993. Cette dernière continuera à l'alimenter pour les utilisations futures.

Un même lieu peut avoir plusieurs dénominations si celles-ci sont utilisées par la population.

Les données périmées ne sont pas supprimées, mais désactivées. C'est-à-dire que chaque information est accompagnée de la date d'entrée dans la base (ou de création du générateur) et s'il y a lieu de suppression du générateur. De plus à l'issue d'une enquête O-D, chaque fois qu'un lieu a été mentionné au cours de l'enquête, l'information est ajoutée dans le fichier. C'est donc un fichier qui se construit par accumulation d'informations.

3 - 4.4 Fichiers téléphoniques de Bell Canada

La Société des téléphones canadiens dispose d'un fichier comportant pour chaque numéro de téléphone, le nom du titulaire, son adresse, son code postal et l'indicateur de langue. Le fichier est subdivisé en deux parties. La première contient les ménages, la seconde les entreprises avec leur activité principale.

Bell Canada produit également un fichier des facturations téléphoniques contenant la même information. Toutefois, les abonnés disposant de plusieurs lignes n'y sont repérés qu'une seule fois. C'est ce dernier fichier ne comportant que les ménages qui est utilisé comme base d'échantillonnage.

Bien que le fichier contienne l'information des abonnés sur liste rouge, cette dernière n'est pas fournie aux demandeurs. La Société Bell Canada accepte seulement de donner le nombre d'abonnés sur liste rouge par indicatif téléphonique de zone.

Pour chacun de ces dictionnaires, il est possible d'utiliser des procédures de recherche des mots les plus proches pour obtenir les codes des adresses mal orthographiées. Ces procédures tendent à s'améliorer. On peut ainsi faire des recherches par chaîne de caractères communes ou phonétiquement proches.

4 Conclusions

L'équipe du Professeur CHAPLEAU dispose d'un ensemble performant de base de données utilisant soit le même référent spatial, soit des référents spatiaux compatibles entre eux. L'ensemble de ces bases est disponible dans le système MADITUC, qui justifie ainsi pleinement son appellation de système d'informations spatialisées.

L'enquête régionale origine-destination est bien évidemment au centre de ce système. Elle permet grâce à un échantillon important et à l'approche totalement désagrégée privilégiée dans MADITUC de livrer une information très riche et beaucoup plus précise que les modèles classiques qu'ils soient agrégés ou "désagrégés".

Les diverses applications du système MADITUC et les développements prévus que nous présentons dans le chapitre suivant illustrent parfaitement les potentialités d'un tel système en matière de planification des déplacements urbains.

III Applications et développements envisagés

Le système MADITUC est utilisé depuis de nombreuses années par l'équipe du Professeur CHAPLEAU ou par la STCUM. Il a connu des développements progressifs au gré des besoins d'études de la STCUM et du Laboratoire de l'Ecole Polytechnique. Il devrait en connaître d'autres à l'avenir si les projets de développements peuvent être mis en oeuvre. Nous présentons tout d'abord les principales études déjà réalisées, puis nous exposons les développements possibles de MADITUC.

1 - Les applications

Nous présentons tout d'abord les principaux champs d'applications avant d'entrer dans le détail de certaines d'entre elles pour mettre en évidence l'apport des enquêtes O-D et du système MADITUC dans l'analyse des problèmes étudiés.

1 - 1 Les champs d'applications

1 - 1.1 Planification des réseaux de transport en commun

Les applications de type planification opérationnelle d'un réseau de transport en commun sont traditionnelles et bien connues. Elles sont axées vers le développement du meilleur compromis "bénéfices des usagers / coût de l'exploitant", dans un contexte d'évaluation multicritère. Comme système d'aide à la planification, on y distingue les applications suivantes :

- modèles d'évaluation des ressources. A l'aide du module RESEAU et des données correspondantes de géométrie et de niveau de service, des modèles de coûts de l'offre de transports collectifs peuvent être développés,
- localisation des garages logiciel MIGAOT (Modèle Interactif Graphique pour l'Allocation Optimale en Transport). Optimisation de la localisation et de l'utilisation des dépôts,
- calibrage des fonctions d'impédance. La disposition de la description des chemins empruntés (itinéraires déclarés) permet de calibrer des fonctions d'impédance en fonction des caractéristiques des lignes du réseau (poids des attentes, correspondance, des temps d'accès, perception des modes, tarifs) et des caractéristiques socio-économiques des individus,
- simulation et affectation des déplacements grâce au module CHARGEMENT : génération des liens d'accès à partir des coordonnées x-y des origines et destinations, calcul de plus court chemin. On peut ainsi reproduire une grande partie des itinéraires déclarés (expérimentations faites à Winnipeg).

1 - 1.2 Analyse des comportements de déplacements urbains

- modélisation de la répartition modale. La prévision du trafic sur un axe TC que l'on souhaite créer ou développer s'effectue à partir de la demande actuelle des usagers VP. On calcule leur niveau de service TC avant, puis après. Ensuite, on établit des hypothèses de changement de mode en fonction des caractéristiques de l'individu et de l'importance de la modification de qualité de service,
- chargement utopique des conducteurs automobiles, ce qui permet d'analyser l'adéquation actuelle et future du réseau de TC aux déplacements réalisés,
- étude de segments de clientèle. Toutes les segmentations y compris croisées entre bases de données différentes (déplacement, espace, réseau TC, ...) sont possibles pour étudier des segments de populations dans une perspective marketing ou comportementale, ou de fonctionnement du réseau,
- identification des trajectoires de clientèles-cibles : stations et terminus les plus fréquentés.

1 - 1.3 Etude agrégée du système de transport

- analyse d'un prolongement d'infrastructure de transport (métro par exemple) : simulation détermination de la fréquentation, identification des bénéficiaires avec leurs caractéristiques socio-économiques et de déplacements, calcul des bénéfices et des coûts, évaluation,
- restructuration d'un réseau lors d'un réaménagement sectoriel de la desserte de transport : simulation, calcul des ressources, mesures des impacts en termes d'accessibilité, ...
- analyse des effets financiers des déplacements inter-réseaux. Evaluation de la consommation TC des résidents de chaque commune,
- mesure d'impact d'un corridor autoroutier ou ferroviaire,
- mesure d'impact de l'étalement urbain. La disposition d'enquêtes O-D effectuées à des moments différents, mais selon un cadre compatible de données à référence spatiale permet des analyses chronologiques,
- étude de l'accessibilité aux réseaux de transports pour un territoire de desserte donné.

1 - 1.4 Prévision à moyen terme de la demande de transport

- estimation fondée sur l'évolution démographique. La disposition des enquêtes de 1974, 1978, 1982 et 1987 permet des analyses par cohorte pour analyser les évolutions passées. On peut ainsi faire des hypothèses sur l'effet des évolutions démographiques à venir,
- étude de l'étalement urbain à partir des dernières enquêtes de Montréal : 1974, 1978, 1982 et 1987 et de Québec : 1977, 1981 et 1986,
- estimation basée sur les facteurs de croissance.

1 - 2 Calibrage des fonctions d'impédance

Cette présentation est principalement tirée de l'article "*La perception de l'offre par les usagers du transport en commun, sous la perspective d'un modèle d'affectation*" Robert CHAPLEAU, Joaquin DE CEA, Ecole Polytechnique de Montréal, communication présentée à la Conférence Mondiale sur la Recherche dans les Transports, Hambourg, 26 au 29 avril 1983, 18 pages.

Dans cet article, les auteurs analysent la qualité des méthodes d'affectation sur un réseau TC en comparant les comportements réels saisis lors des enquêtes O-D de Montréal et les comportements simulés par les modèles d'affectation.

Les modèles d'affectation sont assez nombreux UTPS, EMME2, TRANSEPT, NOPTS, TRANSCOM, Malgré des caractéristiques propres à chacun d'eux, ils font tous appel à une même méthodologie générale :

- le découpage d'un territoire d'étude en petites entités géographiques dont les activités sont considérées comme se faisant au centroïde de la zone,
- la codification relativement détaillée d'un réseau de transport,
- la caractérisation précise, pour une période de temps donnée, de la demande de transport, sous forme d'une matrice de déplacements origine-destination de zone à zone, généralement issue d'une enquête ménages ou d'une enquête sur le réseau.

A ces trois volets s'ajoutent les problèmes de détermination de l'accessibilité au réseau (lien reliant le centroïde de la zone à son point d'accès -entrée ou sortie- sur le réseau) et du cheminement dans le réseau (séquences des lignes et noeuds empruntés). La décennie 70 a vu de nombreux développements méthodologiques qui ont permis de passer de l'utilisation de procédures de type tout-ou-rien (distribution du flot dans le réseau indépendante des flots ou de la capacité), améliorées par l'adjonction de contraintes de capacité ou par une approche probabiliste multi-chemin, jusqu'à l'emploi de méthodes d'équilibre (affectation descriptive ou normative faisant intervenir les principes de Wardrop). Si ces développements sont intéressants pour la voiture, qui doit faire face à des problèmes de congestion d'infrastructure, il n'est pas sûr qu'ils soient utiles pour les transports collectifs.

C'est pour tenter de répondre à cette question que les auteurs ont comparé les comportements réels des usagers obtenus lors de l'enquête O-D de 1978 à Montréal avec différentes procédures

d'affectation. L'enquête O-D permet de disposer d'environ 15.000 itinéraires individuels effectués sur le réseau de transport en commun pendant une période de pointe. Le réseau de transport collectif comprend 3 lignes de métro et 131 lignes de bus. Près de 1.000 noeuds sont nécessaires pour décrire les points de correspondance. La description des tracés des lignes nécessitent environ 5.000 liens orientés pour une longueur de couverture de réseau de 2.240 kilomètres. Le territoire d'enquêtes a été subdivisé en 1.284 zones (avec un découpage très fin au centre et communal en grande banlieue). Les déplacements enquêtés se répartissent de la manière suivante :

nombre de lignes empruntées	métro en %	autobus en %	métro et autobus en %	total en %
1	7,3	25,5	-	32,8
2	5,3	20,5	18,1	43,9
3	-	4,4	14,6	19,1
4	-	0,3	3,9	4,2
5	-	-	0,1	0,1
total en %	12,6	50,7	36,6	100,0

Compte tenu des données disponibles, on distinguera les notions suivantes :

- la *réponse*, c'est-à-dire l'itinéraire tel que décrit dans l'enquête : zones origine et destination et séquence des lignes empruntées,
- l'*itinéraire décrit* qui consiste en un itinéraire complet reconstitué à partir de la réponse. Il s'agit de déterminer les noeuds d'entrée et sortie du réseau et les noeuds de correspondance les plus probables compte tenu des zones origine et destination et de la séquence des lignes de TC empruntées,
- l'*itinéraire simulé* par la procédure d'affectation (essentiellement algorithme du plus court chemin).

L'évaluation de la qualité de l'affectation s'effectue par comparaison des itinéraires décrit et simulé. On considère que les itinéraires sont "égaux" s'ils utilisent un même ensemble de lignes; qu'ils sont "communs" pour un même ensemble de noeuds, mais au moins une ligne diffère; qu'ils sont "différents" si au moins un noeud et au moins une ligne diffèrent.

Pour l'affectation, les auteurs utilisent la fonction d'impédance suivante :

$$a_0 * (TA_o + TA_d) + \text{SOMME de } j=1 \text{ à } k (TV_j + a_4 * \min(\max(a_1, a_2 * I_j), a_3)) + a_5 * P_j$$

Où :

k : le nombre de lignes empruntées,

TA_o : temps d'accès à l'origine,

TA_d : temps d'accès à la destination,

TV_j : temps de transport à bord du véhicule sur la ligne j,

I_j : intervalle moyen de la ligne j,

P_j : pénalité de correspondance associée à la ligne j (valeur type = 5 minutes),

a₀ : coefficient d'impédance relié à l'accès (valeur type = 2),

a₁ : temps minimum d'attente (valeur type = 2 minutes),

a₂ : facteur de conversion entre l'intervalle et le temps d'attente (si la régularité est parfaite, valeur type = 0,5),

a₃ : valeur maximale du temps d'attente (valeur type = 15 minutes),

a₄ : coefficient d'impédance appliqué au temps d'attente (valeur type = 2),

a₅ : facteur de perception de la pénalité de correspondance (valeur type = 0,5 pour le métro).

Dans une première phase, les auteurs ont testé différents calibrages de la fonction d'impédance. Pour neutraliser le problème de l'accès au réseau, les noeuds d'accès (origine et destination) au réseau sont fournis par l'itinéraire décrit. Il en ressort des différences sensibles sur le % d'itinéraires "égaux", "communs" ou "différents", sur la répartition des modes TC (répartition entre métro seul, bus seul et métro+bus). Dans le meilleur des cas 80% des itinéraires sont "égaux" ou "communs". Dans le tableau de données fourni qui porte sur l'impact de la détermination du facteur $a_2 * I_j$, le % d'itinéraires "égaux" ou "communs" varie de 70 à 80%.

La deuxième phase a porté sur l'étude de l'influence du comportement des usagers. Les auteurs ont testé différentes fonctions d'impédance en fonction des caractéristiques socio-économiques des individus et des caractéristiques des déplacements. Mais cette analyse n'a pas donné de résultats probants, si ce n'est en ce qui concerne le nombre de lignes empruntées (le pourcentage d'itinéraires "différents" croît de manière quasi linéaire en fonction du nombre de lignes empruntées, de 0% pour une seule ligne à 60% pour 4 lignes).

Enfin, les auteurs testent différentes méthodes d'accès sur le réseau (détermination des temps d'accès (ou de sortie) et des noeuds d'accès sur le réseau) :

- méthode d'accès aveugle ("ACaPP") : le noeud d'entrée ou de sortie sur le réseau est celui qui est le plus proche du centroïde d'entrée ou de sortie;
- chargement conventionnel de zone à zone ("C-Cal", "CCI/2") : codification manuelle d'accès entre le centroïde de zone et les noeuds d'accès au réseau;
- chargement avec diversion logit ("DIV-0", "D-1,5") : lorsqu'il y a plusieurs noeuds d'accès pour un même centroïde, on calcule les temps totaux pour chacun de ces noeuds d'accès à l'origine et à la destination et le choix entre ces différents itinéraires s'effectue selon la méthode d'affectation multi-chemin de Dial, à savoir une fonction logistique avec paramètre de diversion variant de 0 (diversion maximale) à -1,5.

La présentation des résultats porte sur 8 situations, qui constituent les meilleures et les plus typiques de chaque classe de simulations, on y retrouve:

- "DECRI", le chargement décrit sur le réseau,
- "SIMUL", chargement des itinéraires simulés, calculés par un algorithme du plus court chemin avec une fonction d'impédance où $a_2 * I_j = I_j + 5$. Les accès s'effectuent aux noeuds provenant des itinéraires décrits.
- "S-1/2", chargement des itinéraires simulés, calculés par un algorithme du plus court chemin avec une fonction d'impédance où $a_2 * I_j = I_j/2$ (qui est la fonction d'impédance traditionnellement utilisée). Les accès s'effectuent aux noeuds provenant des itinéraires décrits.
- "ACaPP", chargement des itinéraires simulés de noeud à noeud après avoir procédé à un accès aveugle (le plus proche du centroïde d'accès),
- "C-Cal", chargement des itinéraires simulés de centroïde à centroïde, avec pondération du temps d'accès égale à 1,0 (c'est la valeur qui donne les meilleurs résultats au sein de la fourchette (0,0 à 2,5)),
- "CCI/2", chargement analogue au précédent, mais avec la fonction d'impédance $I_j/2$,
- "DIV-0", chargement des itinéraires avec diversion au niveau de l'accès, le facteur de diversion est pris égal à 0,0,
- "D-1,5", chargement analogue au précédent, mais le facteur de diversion = -1,5,

Les indicateurs retenus pour mesurer la qualité de la reproduction des itinéraires sont de plusieurs ordres :

- "ITEG" : % d'itinéraires égaux,
- "ITCO" : % d'itinéraires communs,
- "ITDI" : % d'itinéraires différents,
- "Nsect" : Nombre de lignes empruntées,
- "METRO" : nombre d'usagers sur le mode métro,
- "p.C-MM" : proportion des usagers faisant une correspondance métro-métro

Les auteurs donnent d'autres indicateurs tels le nombre d'usagers sur chacune des lignes du métro, le temps de parcours en ligne, total, le temps d'attente, la vitesse de parcours, la distance parcourue.

Variable	base DECRI	noeud à noeud		ACaPP	zone à zone		diversion	
		SIMUL	S-1/2		C-Cal	CCI/2	DIV-0	D-1,5
ITEG	-	72,4	61,8	24,3	35,3	26,9	-	-
ITCO	-	7,6	7,8	2,4	4,3	4,0	-	-
ITDI	-	20,0	30,4	73,3	60,4	69,1	-	-
Nsect	1,92	1,88	2,11	2,37	2,06	2,46	2,63	2,27
METRO	161k	163k	183k	156k	161k	184k	178k	180k
p.C-MM	0,314	0,262	0,291	0,205	0,248	0,314	0,271	0,287

De ces résultats, les auteurs tirent quelques enseignements.

Si l'on fait abstraction du problème de l'accès sur le réseau, "il est tout à fait clair que, lorsque le territoire et le réseau de transport sont définis à un même niveau de résolution, l'affectation tout-ou-rien est un algorithme très satisfaisant ... en effet, une fonction d'impédance bien calibrée permet de reproduire 80% des itinéraires décrits".

"Un bon calibrage de la fonction d'impédance est crucial dans l'application d'un algorithme d'affectation. En effet, pour une affectation de zone à zone, la performance de l'algorithme, en termes de coïncidences, est améliorée de 30%. De plus, il semble qu'une des pires fonctions soit justement celle qui est couramment utilisée; le paramètre 1/2 ayant pour effet d'augmenter considérablement le nombre de lignes empruntées, et notamment de métro".

"Dès qu'on introduit l'accès au réseau de transport collectif dans une méthode d'affectation, la performance des résultats se détériore considérablement; le nombre de coïncidences par rapport aux itinéraires décrits chute à des niveaux pitoyables, à savoir de 80 à 40% d'itinéraires égaux ou communs; cependant en termes d'indicateurs agrégés, il est possible d'obtenir des valeurs globales très proches des valeurs observées. C'est dire qu'il y a de nombreux phénomènes de compensation sur un réseau suffisamment réticulé".

"Donc à l'exclusion du comportement des usagers, c'est surtout le phénomène de l'accès (problème d'agrégation spatiale) qui est la principale source d'erreur d'un modèle d'affectation."

Cette dernière conclusion constitue le plaidoyer pour le repérage spatial par l'intermédiaire des codes postaux qui sera mis en place à partir de l'enquête O-D de 1987 à Montréal.

1 - 3 Les effets financiers des déplacements inter-réseaux

Cette présentation est partiellement tirée du rapport intitulé "*Les effets financiers des déplacements inter-réseaux - méthodologies d'évaluation*" Gérard CHAGNON, Martin NOEL, Direction Générale du Transport, Ministère des Transports du Québec, Février 1990.

Les transports en commun de la Communauté Urbaine de Montréal sont utilisés à la fois par les résidents de la CUM et par ceux des communes environnantes, notamment de l'île de Laval et des communes de la Rive Sud. Pourtant, seules les communes de la CUM assurent le financement du réseau de la STCUM. Réciproquement, les résidents de la CUM se déplacent sur les réseaux de Laval, de la Rive Sud et des CIT (Conseils Inter municipaux de Transports des communes de l'aire métropolitaine de Montréal), sans que les communes de la CUM financent ces réseaux. L'objet de cette étude est de faire le point sur les coûts entraînés pour chacun des réseaux par l'utilisation qui en est faite par des non-résidents du territoire correspondant.

Dans cette présentation, nous ne rentrons pas dans le détail de la méthodologie employée, ni dans les calculs et résultats obtenus. Nous privilégions plutôt l'apport de l'enquête O-D et du système MADITUC dans la réponse à cette question par rapport à des enquêtes ou modèles plus classiques.

La première étape de ce travail consiste à segmenter l'usage des différents réseaux de transports collectifs (STCUM, Laval, Rive-Sud, CIT) selon la résidence de l'utilisateur. Par rapport à d'autres enquêtes, l'enquête O-D recèle plusieurs avantages :

- l'aire d'enquête couvre la totalité de l'aire métropolitaine de Montréal. De ce fait, l'enquête n'exclut que des segments très marginaux d'utilisateurs des transports collectifs, à la différence d'une enquête qui serait limitée au territoire de la communauté urbaine,
- pour chaque déplacement réalisé en transport collectif, on connaît les lignes utilisées avec l'horaire d'utilisation et les points d'entrée et sortie du réseau. Il n'est donc pas nécessaire de reconstituer cette information à l'aide de modèles d'affectation qui peuvent bien reconstituer l'usage du réseau à un niveau macro-économique, mais dont l'efficacité est plus faible au niveau de chaque usager (Cf. CHAPLEAU, 1983). L'enquête O-D fournit donc la charge, par catégorie de résident, sur chaque ligne du réseau par tranche horaire (ou tout autre découpage temporel souhaité). L'analyse des coûts d'usage du réseau pourra donc être effectuée au niveau choisi par l'analyste, à savoir : coût moyen sur le réseau, coût moyen par ligne, coût marginal ou tout autres segmentations souhaitées,
- le repérage spatial des déplacements à partir des codes postaux permet d'identifier les points d'entrée et de sortie sur le réseau de transports collectifs. Il est ainsi possible d'obtenir une mesure fine des véhicules-kilomètres parcourus sur chaque ligne. Par contre, un découpage zonal, notamment en périphérie n'autorisera pas une évaluation aussi précise,
- le taux de sondage de 5% de l'enquête O-D permet une bonne reconstitution des usages du transport collectif y compris dans des communes de taille plus réduite comme dans la grande banlieue de Montréal.

Par ailleurs, les performances du système MADITUC permettent de traiter très rapidement cette information, grâce au système de gestion de bases de données hiérarchisées.

La seconde étape a permis de calculer les coûts de production de l'offre de transports collectifs, selon plusieurs méthodes de calcul, qu'il ne nous semble pas nécessaire d'exposer ici. Ces calculs ont été effectués à partir des coûts de production de l'offre de transports collectifs fournis par les réseaux.

1 - 4 L'analyse de corridors ferroviaires

À la suite des propositions d'une compagnie de chemin de fer, le Ministère des Transports du Québec a lancé une étude de prévision de trafic sur deux corridors ferroviaires désaffectés. Pour cela, il s'est appuyé sur les données de l'enquête O-D et sur les possibilités d'analyse offertes par le système MADITUC. Dans notre présentation, nous nous centrons sur la méthodologie employée pour cette prévision, puis sur l'apport des outils développés par l'équipe du Professeur CHAPLEAU dans cette étude. Par contre, nous n'exposons pas les résultats obtenus qui figurent dans les rapports publiés à cette occasion.

1 - 4.1 Méthodologie de prévision

Les auteurs se sont appuyés sur les données de l'enquête O-D pour produire l'information nécessaire à la prévision. La méthode s'est décomposée en plusieurs étapes :

1- Analyse des caractéristiques socio-économiques et de déplacements des usagers du train dans l'agglomération de Montréal, sur les corridors ferroviaires existants. Cette première phase permet ainsi de caractériser les traits dominants de l'utilisateur du train. On observe notamment :

- que l'utilisateur du train n'effectue pas de correspondance avec le métro ou le bus à destination,
- que 50% des usagers du train accèdent à pied à la gare, 30% en voiture et seuls 20% utilisent les transports collectifs.

Cette analyse permet de segmenter les déplacements concernés par le corridor ferroviaire et d'éliminer les déplacements dont les caractéristiques sont trop éloignées de cette caractérisation.

2- Identification à partir des données de l'enquête O-D et des caractérisations des usagers actuels des trains, des origines destinations a priori concernées par les deux nouveaux corridors de train. À cette étape, aucune projection de la matrice n'est réalisée pour actualiser les données de

l'enquête de 1987. Les auteurs préfèrent dans un premier temps s'appuyer sur les comportements saisis lors de l'enquête de 1987. L'expansion peut être réalisée in fine selon diverses hypothèses.

3- Répartition modale. A partir des O-D obtenues à l'étape précédente, les auteurs ont segmenté les déplacements en fonction du mode de transport utilisé. Sur chacun de ces segments, ils ont ensuite déterminé les déplacements qui auraient pu être effectués en train, si les corridors ferroviaires étaient déjà en activité. Pour cela, les hypothèses suivantes ont été posées :

- clientèle des TC : le modèle MADITUC a été utilisé pour calculer le coût généralisé du déplacement actuel et le coût d'un déplacement effectué en train. Le mode choisi est celui qui entraîne le coût généralisé le plus faible,
- usagers effectuant leur déplacement en VP+TC : le premier calcul a porté sur chacun des déplacements tels qu'ils ont été réalisés en 1987. Le modèle MADITUC étant pour le moment un modèle exclusivement TC, deux modèles ont été utilisés : modèle MADITUC pour la partie du déplacement réalisé en TC et modèle EMME2 pour le trajet VP. EMME2 travaillant en "temps réel" et non en temps généralisé, le calcul a été mené en "temps réel" pour les deux modes de transport. Le second calcul a porté sur la même origine destination, mais sur le mode train ou VP + train selon la distance entre la gare et le domicile. La première phase a consisté à déterminer la gare la plus probable (ou les gares en cas d'incertitude). Le calcul du "temps réel" est ensuite mené selon la même méthode que précédent. Les auteurs ont ensuite supposé que l'utilisateur choisissait le mode ayant le "temps réel" le plus court (il est toutefois possible de faire d'autres hypothèses ou bien d'effectuer des calculs de coûts généralisés, mais les fonctions d'impédance VP et TC sont très différentes),
- clientèle exclusivement VP : comme précédemment, le premier calcul fournit le "temps réel" VP. Puis on simule le déplacement avec utilisation du train : choix de la gare de rupture de charge, calcul du temps VP avec EMME2 et du temps train avec MADITUC. Un troisième calcul est effectué pour simuler un déplacement VP + TC (sans le train). De la même manière, on détermine le point de rupture de charge sur le réseau TC, puis on calcule les "temps réels" à l'aide des deux modèles. Si le temps VP + train est supérieur au temps VP + TC (multiplié par un facteur $(1 + a)$ pour tenir compte de l'attraction plus forte du train par rapport aux autres modes TC), on considère que les usagers de l'O-D correspondante ne se reporteront pas sur le train, mais continueront à utiliser la voiture.

Pour les autres, le partage modal s'effectue en appliquant un ratio d'utilisation du train qui est fonction du différentiel de "temps réel" entre les modes VP et VP + train. Ce ratio est estimé par analogie avec les comportements actuels des montréalais sur les corridors existants. En effet, un calcul analogue a été réalisé sur les O-D comparables sur ces corridors pour comparer les "temps réels" VP et VP + train et les choix modaux effectués. Les auteurs ont ainsi pu en déduire une courbe de part de marché du train en fonction du différentiel de temps entre les deux modes. C'est cette même courbe qui a été utilisée pour les nouveaux corridors. L'analyse sur les corridors existants montre que l'essentiel de la clientèle VP + train a un "temps réel" de déplacement supérieur de 5 à 10 minutes au temps VP seul.

4- Projection des données à l'horizon 2000. Faute de données précises, la projection a été réalisée en multipliant les données de trafic obtenues par l'évolution prévisible des trafics sur chacune des O-D concernées.

1 - 4.2 L'apport du système MADITUC et de l'enquête O-D

Le système MADITUC grâce à ses modules de traitements de données hiérarchisées et à son module d'affectation est un outil très efficace et convivial d'analyse. Toutefois, l'analyse serait possible à l'aide d'autres outils, même si elle nécessiterait probablement davantage de temps. De même, l'enquête O-D apporte certains avantages :

- l'aire d'enquête couvre la totalité de l'aire métropolitaine de Montréal. De ce fait, l'enquête n'exclut que des segments très marginaux d'usagers du train, à la différence d'une enquête qui serait limitée au territoire de la communauté urbaine,
- pour chaque déplacement réalisé en transport collectif, on connaît les lignes utilisées avec les points d'entrée et sortie du réseau. Il n'est donc pas nécessaire de reconstituer cette information à l'aide de modèles d'affectation qui peuvent bien reconstituer l'usage du réseau

- à un niveau macro-économique, mais dont l'efficacité est plus faible au niveau de chaque usager,
- le repérage spatial des déplacements à partir des codes postaux permet d'identifier précisément les origines et destinations des déplacements et donc la proximité aux gares des corridors existants ou étudiés. Par contre, un découpage zonal, notamment en périphérie n'autorisera pas une évaluation aussi précise. Celle-ci est pourtant nécessaire dans la détermination de la population "concernée" par le train et dans le choix de gare de rupture de charge pour les déplacements associant la VP au train,
- le taux de sondage de 5% de l'enquête O-D permet d'obtenir des échantillons suffisants, notamment en périphérie pour mener l'analyse qui a été faite.

Cette démarche de prévision permet de mieux identifier (et donc maîtriser) les hypothèses effectuées, par rapport à l'utilisation de modèles classiques de prévision. Il est aisé de plus de faire des tests de sensibilité sur les différentes hypothèses introduites.

D'autre part, en s'appuyant sur les comportements saisis au cours de l'enquête, on peut tenir compte de facteurs socio-économiques ou de caractéristiques des déplacements qui se révèlent importants lors de l'analyse de ces comportements. De plus, même si cette approche n'a pas été retenue dans cette étude, on peut affiner la prévision en ne s'appuyant pas seulement sur la dernière enquête disponible, mais sur les dernières enquêtes. On peut ainsi effectuer une analyse dynamique des comportements et des caractéristiques de déplacements, qui peut être utile lorsqu'il s'agit de faire de la prospective.

Des études analogues ont été menées pour des prolongements de lignes de métro.

1 - 5 - Le projet SIGGAR de localisation des arrêts

Ce projet est en cours de réalisation à la STCUM. Il consiste à repérer la localisation fine de tous les arrêts du réseau. Chacun des 8.000 arrêts est saisi à l'aide de ses attributs (abribus, information, ...). Cette identification doit améliorer la base réseau du système MADITUC, qui ne comprend actuellement que la moitié des arrêts.

Plusieurs applications sont prévues :

- amélioration de l'algorithme d'affectation utilisée dans le cadre des modélisations MADITUC. Actuellement le réseau ne comprend que la moitié des arrêts ce qui entraîne des erreurs dans l'identification du point d'entrée sur le réseau. Une partie de ces erreurs devrait être évitée par cette meilleure définition du réseau,
- intégration de ces données dans des réseaux d'information téléphonique ou télématique. En couplant cette information avec les bases de données d'adresse, il est possible de fournir des informations aux clients du réseau sur les arrêts à proximité du domicile ou de fournir l'itinéraire le plus court pour se rendre à telle destination. Cette information pourra être donnée quel que soit le point d'origine du déplacement à la différence de nombreux systèmes existants actuellement qui sont définis à partir d'une origine fixe,
- gestion interne à l'entreprise : production d'horaires, base de données utilisée par la direction de l'entretien du mobilier et par la direction de la gestion du mobilier urbain, aide pour la réalisation des enquêtes montée-descente, ...
- établissement de plan de lignes automatique.

2 - Les développements de MADITUC

Nous présentons ci-dessous quelques uns des projets de développement du système MADITUC que souhaite mettre en oeuvre l'équipe du Professeur CHAPLEAU. Ils se situent dans la logique qui a présidé à la réalisation du système MADITUC, visant à concevoir un système interactif de gestion de bases de données et d'enrichissement des données pour fin de planification des déplacements urbains. Dans ce rapport nous exposons les projets suivants :

- création d'un MADITUC automobile, ou plus exactement ajout de certains modules au système MADITUC permettant de traiter le problème des déplacements automobiles en lien avec les déplacements transports collectifs,
- MAD(strat)², MADITUC marchandises. Ce développement répond à un contrat de recherche avec le Ministère des Transports du Québec,
- une cartographie de l'espace. Cette application s'appuie sur les bases de données existantes. Cette connaissance est enrichie pour produire une cartographie des usages de l'espace à partir notamment de l'enquête O-D,
- prévision de la demande de transport. Quelques études de prévision ont été réalisées grâce au système MADITUC. Il s'agit donc de les formaliser pour créer un module de prévision au sein de MADITUC.

2 - 1 MADITUC automobile

MADITUC a été conçu à l'origine pour la planification des réseaux de transports collectifs. De ce fait, aucun module n'a été construit en matière de planification des réseaux routiers. L'objectif de ce projet est d'améliorer les productions de données relatives aux déplacements automobiles dans le but de concevoir des applications concernant la voiture particulière comparables aux possibilités offertes actuellement par MADITUC en matière de transports collectifs.

Dans un premier temps, l'objectif est de créer un module d'affectation des déplacements automobiles sur le réseau routier. Pour les transports collectifs, les renseignements recueillis au cours de l'enquête O-D et utilisés dans le module d'affectation sont les suivants :

- adresse d'origine et de destination,
- heure de début du déplacement,
- itinéraire sur le réseau de transports collectifs : succession des lignes utilisées et points de jonction pour les modes associant la voiture et les transports collectifs.

Ces données sont suffisantes pour reconstituer correctement à un niveau totalement désagrégé la plupart des déplacements à l'aide d'un modèle bien calibré (Cf. chapitre précédent). La durée du déplacement peut être aisément reconstituée à partir de ces données, connaissant les caractéristiques des lignes du réseau et les distances de marche à pied nécessaires à l'entrée et à la sortie du réseau et pour les correspondances.

En matière de déplacement automobile, l'information disponible est plus pauvre :

- adresse origine et destination,
- heure de départ.

L'itinéraire est inconnu, ainsi que la durée du déplacement. Il n'est donc pas possible de calibrer la fonction d'impédance à un niveau totalement désagrégé sur les déplacements réalisés comme pour les transports collectifs. Par ailleurs, on ne dispose pas de données de comptage parallèlement à la réalisation de l'enquête O-D. Le calibrage à un niveau agrégé doit donc être réalisé sur des données de comptages plus anciennes. C'est la procédure utilisée par EMME2 qui de plus travaille sur un découpage de l'aire métropolitaine en 1.500 zones et non pas sur les coordonnées x-y.

L'enquête réalisée en 1993 devrait permettre de remédier partiellement à ces limites. L'itinéraire devrait être partiellement saisi, tout au moins au niveau du passage des ponts et des grandes voies rapides. Il a été également décidé de mener une grande campagne de comptages sur les principaux axes de l'agglomération montréalaise. Il sera alors possible de concevoir un module d'affectation totalement désagrégé de la demande de déplacement automobile. Toutefois, le calibrage devra associer des vérifications à un niveau totalement désagrégé lorsque les données de passage par certains noeuds du réseau routier auront été saisies et à niveau agrégé par comparaison avec les données de comptage.

Pour cela, l'équipe du professeur CHAPLEAU devra également travailler sur l'analyse de la capacité et de la fonction de chacune des infrastructures du réseau routier montréalais. En effet, le réseau est déjà digitalisé grâce au fichier "area master files", mais les caractéristiques des artères ne sont pas connues. Cherchant à travailler à un niveau totalement désagrégé, le professeur

CHAPLEAU ne veut pas se limiter aux seules grandes infrastructures comme dans les modèles classiques, mais veut intégrer la totalité du réseau viaire.

Au-delà de ce module d'affectation, on peut envisager la réalisation d'un module de répartition modale, puisque l'on disposera d'informations à un niveau totalement désagrégé tant pour la voiture particulière que pour les transports collectifs.

2 - 2 MAD(strat)², MADITUC marchandises

En réponse à une préoccupation du Ministère des Transports du Québec concernant le transport de marchandises dans la Communauté Urbaine de Montréal, l'équipe du Professeur CHAPLEAU a proposé de créer des modules au sein du système MADITUC spécifiques au transport de marchandises. Ils seraient regroupés au sein de "MAD(strat)²", qui devra permettre une approche totalement désagrégée.

L'organisation de l'information serait comparable à celle de MADITUC transports collectifs autour du triptyque territoire-réseau-demande.

Les données relatives au territoire seront identiques à celle de MADITUC. C'est-à-dire que l'on peut accéder à tous les découpages jusqu'au niveau des coordonnées x-y.

Les données de réseaux sont partiellement communes à celles de MADITUC. Pour la voirie elles devront être spécifiées en termes d'accessibilité pour les différents types de véhicules de transport de marchandises et pour les nomenclatures de marchandises admises. Les réseaux ferrés ou de transport par voie d'eau viendront compléter la base.

Les données de demande sont par contre inexistantes. L'équipe devra donc produire des données spatio-temporelles de transport de marchandises, probablement à partir de méthodologies comparables à l'enquête régionale Origine-Destination.

Cet ensemble de base de données permet de traiter l'information à un niveau totalement désagrégé, que ce soit sur les plans spatial, temporel, des marchandises, des entreprises, ...

MAD(strat)² devrait permettre de répondre aux préoccupations suivantes :

- politique de financement et de tarification,
- modélisation de la demande (approche multimodale, génération/distribution, estimation de moyen terme),
- quantification et spatialisation des déplacements de marchandises,
- planification et restructuration des réseaux de transport de marchandises,
- organisation de réseaux multimodaux (routier, ferroviaire, maritime, aérien),
- réglementation intermodale notamment pour les matières dangereuses,
- localisation optimale des dépôts, inventaire des industries, commerces, gares,
- ...

2 - 3 Cartographie de l'espace

Ce projet illustre bien la méthode de travail de l'équipe du Professeur CHAPLEAU. Plutôt que de chercher à produire une information sur l'usage du sol à partir de nouvelles enquêtes auprès des services d'urbanisme ou par recensement exhaustif ou tout autre méthodologie, il s'agit d'extraire toute l'information contenue dans les enquêtes origine destination. Celles-ci contiennent le motif du déplacement et la localisation précise de la destination du déplacement. On dispose également de l'adresse du ménage. Il est donc possible de produire une carte des usages de l'espace par les personnes enquêtées. On peut en déduire une cartographie des fonctions urbaines de l'aire métropolitaine. Le taux de sondage de 5% permet d'espérer une bonne qualité de l'information produite.

Selon la même logique, il est possible de construire des cartes de l'offre de stationnement, ou des lieux d'emplois ou de commerce, ... On peut également estimer l'utilisation qui est faite de

certaines générateurs de trafic, comme par exemple une cartographie de la consommation hospitalière, ...

A partir des recensements, on peut dresser des cartes de localisation de la population à partir des résidences. Par contre, ils ne permettent pas de savoir comment cette population se répartit à un certain moment de la journée. L'utilisation des données de l'enquête selon la méthode décrite ci-dessus permet d'y répondre. Ce type de données peut être utile pour des situations de crise, lorsqu'il faut concevoir des plans d'évacuation de quartiers par exemple.

La production de cette information peut également servir à la validation des données de l'enquête O-D. On peut par exemple faire des tests sur l'âge des personnes fréquentant des établissements d'enseignement sans avoir besoin d'obtenir l'information sur le type d'établissement. En reprenant les données de la dernière enquête, on peut spécifier le public fréquentant chaque type d'établissement. Si lors de la prochaine enquête de 1993, des individus ne correspondent pas à ces caractérisations, on peut chercher à valider l'information pour la corriger si besoin est. De nombreux autres exemples équivalents peuvent être donnés.

D'une certaine manière, il s'agit de concevoir les enquêtes O-D comme étant des bases de connaissances, un peu à l'image d'un système expert.

2 - 4 Prévision de la demande de transport

Quelques études de prévision ont été réalisées grâce au système MADITUC pour des prolongements de lignes de métro ou pour l'analyse de corridors ferroviaires. L'objectif de ce projet est de les formaliser pour créer un module de prévision au sein de MADITUC.

La démarche générale est la suivante :

- analyse des données de l'enquête O-D pour déterminer le profil (caractéristiques socio-économiques, spatiales ou de déplacements) des individus potentiellement concernés à partir des individus fréquentant des lignes comparables,
- identification de la population cible à partir de la caractérisation précédente et du projet de transport considéré,
- comparaison des temps de transport ("réel" ou généralisé) pour les situations actuelles, au fil de l'eau et avec projet, pour les modes de transport effectivement utilisées et avec celui que l'on étudie,
- détermination d'une clientèle concernée (ou d'une fourchette de clientèle) à partir d'hypothèses sur les différentiels de temps de trajet entre les situations avec l'offre actuelle ou celle que l'on simule. A ce stade la population de référence reste celle de la dernière enquête O-D disponible,
- projection de ces données à l'horizon recherchée. Pour cette projection, on peut également tenir compte de l'évolution des comportements repérés à partir des données des dernières enquêtes O-D réalisées depuis 1974.

Conclusions

L'objectif de cette mission était d'analyser les enquêtes régionales origine-destination afin d'évaluer leur intérêt comparativement aux enquêtes ménages réalisées en France et leur transférabilité. Le présent rapport de mission ne reprend que la première phase de présentation de l'enquête origine-destination. Nous l'avons complété par la description du système MADITUC et des applications réalisées grâce à ce système de planification des déplacements urbains, tant les deux sont intimement liés. Le système MADITUC perd de sa puissance en l'absence de données telles que celles produites lors des enquêtes régionales origine-destination. Inversement, l'intérêt de la production de données canadienne est mis en exergue par le système MADITUC.

Dans ce rapport nous n'avons pas abordé la phase d'analyse critique de cette production d'informations, à l'exception de quelques remarques éparpillées dans le texte qui nous semblaient nécessaires pour préciser notre présentation. Il nous a semblé préférable de livrer dans un premier cette information "brute" et de réserver une analyse critique plus détaillée dans le rapport final qui sortira dans le courant de l'été.

Ceci étant, cette phase d'analyse est déjà bien entamée. Elle comporte notamment des réunions de réflexion avec différentes personnes, qu'elles soient productrices ou utilisatrices de données sur les déplacements urbains, notamment au sein du réseau CETUR-CETE sur les enquêtes-ménages. Les principales remarques ou interrogations portent sur les thèmes suivants :

- fiabilité de la production des données déplacements par téléphone par rapport à des enquêtes face à face. A cette question s'ajoute l'interrogation relative au fait qu'il n'y ait qu'un seul répondant au téléphone pour l'ensemble du ménage,
- représentativité d'un échantillon excluant les ménages non équipés de téléphone ou sur liste rouge. Quelles sont les conséquences d'un développement des répondeurs filtreurs,
- les petits déplacements, notamment à pied ne sont-ils pas sous-estimés,
- fiabilité d'un recueil des localisations aussi précis, qui plus est au téléphone, intérêt d'un tel recueil,
- absence de la dimension socio-économique des individus et des ménages permettant des analyses comportementales,
- absence des questionnaires complémentaires intéressant les élus et certains partenaires.

Cette liste n'est pas exhaustive, mais regroupe les principales observations. Nous tenterons d'analyser l'enquête régionale origine-destination, mais aussi l'enquête-ménages au regard de ces interrogations et des limites des enquêtes-ménages françaises que nous avons identifiées au cours de notre recherche.

Annexe 1

Historique des enquêtes transport dans la grande aire métropolitaine de Toronto

Année	Nom	Aire d'étude	échantillon	Remarques diverses
1964	MTARTS (enquête origine-destination)	Semblable à l'aire du grand Toronto, incluant Barrie et Guelph, excluant des parties d'Hamilton-Wenworth	24 000 ménages soit un taux de sondage de 3.3% à 7.0% dans l'aire métropolitaine et de 7.0% dans certaines aires rurales	Interviews conduites par téléphone, poste et administré (36% par téléphone, 22% par la poste et 42% administré pour l'aire métropolitaine - 45% par téléphone et 55% administré ailleurs)
1974	Enquête sur les caractéristiques de transport d'Hamilton-Wenworth	Municipalités régionales de Comté d'Hamilton-Wenworth et de Burlington	échantillon de 1 634 ménages taux de réponse de 86%	Enquête par téléphone suivi d'un face à face
1975 1976	Enquête à domicile de Peel	Brampton-Mississauga	8% de tous les ménages	35 400 cartes postales distribuées, 8 000 retournées
1977	Enquête sur les transports de Halton	Municipalité régionale de Comté de Halton	10 000 ménages approchés, taux de réponse de 25%	Enquête par voie postale
1978	Enquête transport de Durham	Municipalité régionale de Comté de Durham	4 000 ménages (5.4% de tous les ménages)	Envoi à 7 400 ménages, interviewés par téléphone
1979	Enquête transport pour les ménages de l'aire métropolitaine	aire métropolitaine de Toronto et quelques zones suburbaines adjacentes	échantillon stratifié de 3 508 ménages, interviews conduits par téléphone (85%) et en face à face (15%)	
1979 1980	Enquête sur les transports des ménages de York	Municipalité régionale de Comté de York	3 800 interviews, soit 5% des ménages	Echantillon aléatoire des ménages sur l'ensemble des déplacements de la semaine et données démographiques
1980	Enquête sur les déplacements des actifs	Municipalité régionale de Comté de Peel	25 000 questionnaires complétés, soit 12% des actifs	questionnaires envoyés à 500 sociétés représentant 15% de tous les actifs
1980	Enquête sur les transports de Halton	Municipalité régionale de Comté de Halton	7 300 questionnaires distribués, 4 599 complétés	Enquête mailout avec suivi par cartes de rappel
1980	Enquête sur les transports des employés de l'aire métropolitaine	Décomposition de l'aire métropolitaine en 45 zones	Echantillon de buildings, échantillon de compagnies (29 000 questionnaires retournés de la part de 750 sociétés)	questionnaires auto-administrés renvoyés par des employeurs sélectionnés

1981	Enquête sur les déplacements des actifs d'Hamilton-Wenworth	Municipalité régionale du Comté d'Hamilton-Wenworth	échantillon stratifié (31 476 questionnaires distribués à 332 employeurs, 14 137 questionnaires retournés, représentant 7% des employés de la région)	Distribué par les employeurs retournés par la poste
1981 1982	Enquête sur l'emploi et les transports de York	Municipalité régionale du Comté de York	Echantillon stratifié de 14 000 personnes, soit 12% des employés	Employeurs sélectionnés, questionnaires auto-administrés au lieu de travail
1983 1984	Enquête transport de Durham	Municipalité régionale du Comté de Durham	Echantillon de 5% de l'ensemble des ménages	Enquête par téléphone

Autres enquêtes majeures en Amérique du Nord

Montréal	1970 1974 1978 1982	interviews par téléphone avec 4 à 5% des ménages à partir des listings téléphoniques	données d'origine-destination codées manuellement pour 1400 zones	résultats validés en comparant les enquêtes estimées avec des comptes montée descente actuels observés	enquête conduite à domicile	prix minimum, approximativement de 10-12\$ par ménage en 1982
Vancouver	1985	interviews par téléphone avec 5% des ménages utilisant, la technologie de Montréal	données origine-destination géo-codées au côté d'ilot en utilisant un digitaliseur	enquête soustraite à un organisme spécialisé		prix relativement faible, approximativement 20\$ par ménage
Houston-Denver-Minnéapolis-St Paul et autres	1980	basées sur des petits échantillons (moins de 1%)	Contact initial par téléphone pour solliciter la participation	envoi d'un nombre approprié de questionnaires	données transport collectées par téléphone ou par courrier	prix maximum (75-125\$ par ménage)

Annexe 2

REFLEXIONS SUR LES ENQUETES MENAGE

Propositions d'améliorations

Dans le cadre de recherches menées au LET, nous avons eu l'occasion à plusieurs reprises de buter sur le manque de données sur une partie des déplacements urbains ou sur l'imprécision des données relativement à nos objectifs. Ce constat rejoint pleinement les conclusions du Comité "Organisation des transports et systèmes de mobilité" qui stipule "Les limites des bases de données, modèle et méthodes aujourd'hui disponibles et maîtrisés en France devraient ainsi apparaître, ce qui orienterait un vigoureux effort de recherche méthodologique sur la modélisation et sur son corollaire, le recueil de données" (1). Parallèlement, les enquêtes ménages, réalisées dans de nombreuses agglomérations françaises, constituent, malgré certaines limites, un matériau de base très riche et largement sous utilisé. Ce constat nous a amené à recenser et à analyser les différentes bases de données, et tout particulièrement l'enquête ménage, de l'agglomération lyonnaise d'une part, et d'autre part, en regard des principaux objectifs de gestion et de prévision des déplacements urbains, à identifier certaines lacunes et à envisager des pistes d'amélioration. Nous privilégions ici deux directions :

- améliorer le repérage spatial des déplacements par l'étude de la transférabilité du système MADITUC (repérage et analyse totalement désagrégée des déplacements urbains, développée au Canada),
- développer la connaissance des déplacements automobiles, notamment dans les centres urbains.

L'objet de cette proposition est d'étudier la faisabilité de ces recueils de données. Il nous semble important d'engager cette réflexion dès maintenant, alors que la ligne D du métro de Lyon vient modifier de manière importante le paysage des transports à Lyon, et qu'un nouveau recueil des déplacements s'imposera prochainement pour remplacer celui de 1986 devenu partiellement caduc. Ces recueils permettraient d'affiner la connaissance des déplacements tant sur le plan spatial (meilleure connaissance des localisations et identification des itinéraires) que de leur représentativité. Précisons tout de suite que notre ambition se limite à une réflexion d'ordre méthodologique sur les enquêtes ménage et qu'elle ne vise pas à la réalisation de telles enquêtes. Les organismes compétents en la matière pourraient par contre, bien évidemment, bénéficier de ces résultats.

Plusieurs objectifs ou domaines d'applications peuvent être avancés :

- l'analyse de stratégies de régulation des déplacements. L'identification des conducteurs concernés et des caractéristiques (notamment spatiales) de leur déplacement permettraient d'affiner ces politiques et d'évaluer leurs impacts sur la demande et sur les comportements de déplacement. C'est notamment le cas de l'analyse de scénarios de péage urbain, ou de restriction d'usage de la voiture dans certaines zones de l'agglomération,
- améliorer au sein des modèles, les modules d'affectation et de répartition modale des déplacements, voire concevoir de nouvelles chaînes de modèle totalement désagrégé (2),
- améliorer la gestion et l'efficacité des transports collectifs urbains (2),
- mener des analyses sectorielles ou sur des segments de population.

1 - Les bases de données déplacements de l'agglomération lyonnaise

L'agglomération lyonnaise dispose de plusieurs recueils de données (3) renouvelés périodiquement :

(1) Appel d'idée PREDIT Thème V, page 2.

(2) Ces deux objectifs correspondent aux deux principaux développements du système MADITUC conçu au CANADA. Les champs d'applications de MADITUC au Canada sont actuellement :

- planification des réseaux de transport en commun (modèle de coûts, optimisation des garages, évaluation de fonctions de coûts généralisés et modèles d'affectation des déplacements),
- analyse des comportements (répartition modale, études de segments de clientèle),
- étude du système de transport (évaluation des contributions financières des collectivités, mesures d'impact d'infrastructure ou d'option d'aménagement urbain),
- prévision de la demande.

- enquête ménage,
 - enquête cordon,
 - comptages routiers,
 - enquêtes sur l'utilisation des transports en commun (enquêtes O - D ou montée-descente).

Si ces sources de données permettent de répondre à certains objectifs d'études, elles ne fournissent qu'une image incomplète des déplacements (3) :

- la connaissance des déplacements automobiles est très partielle. L'enquête ménage exclue les non-résidents de la COURLY, une partie des déplacements professionnels (notamment de ceux dont le métier consiste à se déplacer : représentants, chauffeur de taxi, ...), les transports de marchandises et de livraisons (réalisés pour partie en véhicules légers). L'enquête Cordon permet d'introduire le trafic de transit ou d'échange, mais il reste une part importante de trafic non repérée. Le CETE l'évalue à 10 à 15 % de l'ensemble des déplacements. Cette estimation est déduite des données de comptage. Mais ces derniers ne fournissent aucune information sur les caractéristiques des déplacements et des individus qui les réalisent ;
- les données sont très faiblement spatialisées. Les itinéraires sont inconnus pour la voiture et partiellement saisis pour les transports en commun. Lorsqu'elles sont connues, les O-D sont identifiées à l'aide de zonages, pas toujours compatibles entre eux. Les localisations sont donc ramenées aux centroïdes de zone, ce qui entraîne de fortes incertitudes dans l'estimation de l'accessibilité aux transports collectifs ou des choix d'itinéraires pour la voiture ou les transports en commun. Ces incertitudes se retrouvent dans le module d'affectation des modèles de prévision (les canadiens ont ainsi montré que les modèles traditionnels ne reproduisent que très mal les itinéraires réellement empruntés par les personnes enquêtées, alors qu'à l'aide du système MADITUC, c'est une part importante de ceux-ci qui est correctement reproduit). Elles limitent également les possibilités d'analyse de la répartition modale fondée sur une évaluation précise des coûts généralisés (même si ce facteur n'est pas le seul déterminant du choix modal) ;
- l'échantillonnage de l'enquête ménage est souvent trop faible pour des études sectorielles.

Ce sont, selon nous, les principales limites de ces bases de données, qui limitent leurs possibilités d'utilisation pour répondre aux objectifs que nous avons cités plus haut. A la lumière d'expérience étrangère et de nos réflexions, il nous semble possible, si ce n'est de les dépasser, tout au moins de les réduire.

2 - Propositions d'amélioration des bases de données

Nous voyons deux directions majeures d'amélioration :

- améliorer le repérage spatial des déplacements par l'étude de la transférabilité du système MADITUC,
- développer la connaissance des déplacements automobiles.

a) Le système MADITUC (4)

MADITUC (Modèle d'Analyse Désagrégée des Itinéraires de Transport Urbain Collectif) est un système développé au Canada par l'équipe du Professeur CHAPLEAU de l'École Polytechnique de Montréal. Ses potentialités sont beaucoup plus grandes que ne le laisse entendre la définition du sigle. Ce système s'appuie sur un recueil d'information intitulé "enquête régionale origine-destination" proche des enquêtes ménage françaises à quelques exceptions notables près :

- les localisations sont saisies très finement permettant d'identifier le côté d'îlot,
- les itinéraires TC sont repérés très précisément,
- les enquêtes sont effectuées par téléphone,
- la saisie (et donc le codage) de l'enquête se fait directement lors de la passation du questionnaire permettant un apurement immédiat et donc une bonne qualité des données,

(3) Cette présentation est nécessairement simplifiée et incomplète compte tenu de l'espace disponible. On pourra trouver des compléments dans l'étude réalisée par la SOFRETU à la demande du SYTRAL.

(4) Cf. notes de lecture sur le système MADITUC (P. BONNEL, LET) et compte rendu de mission au CANADA pour le compte de l'ENTPE (P. BONNEL, LET).

- le taux de sondage est beaucoup plus élevé (5 %) garantissant des effectifs plus importants,
- l'aire d'étude englobe le bassin d'emploi qui est beaucoup plus large que la communauté urbaine,
- par contre le questionnaire est beaucoup plus sommaire en ce qui concerne les renseignements socio-économiques et ne comporte pas de questions d'opinion.

Malgré ces améliorations, les coûts de l'enquête restent semble-t-il, très faibles : 5 à 6 MF pour l'enquête de 1987 à Montréal (55 000 ménages, 375 000 déplacements). Ce recueil est complété par un géocodage du réseau de transport collectif et du système viaire. Si l'on ajoute que Statistique Canada (organisme équivalent à l'INSEE) utilise le même référent spatial, on comprend mieux ce que l'approche désagrégée signifie ici.

Les développements au Canada ont surtout porté sur les transports collectifs (conception d'un module d'affectation totalement désagrégé, optimisations du réseau, études de segments de population, ...).

L'équipe canadienne souhaite investir à l'avenir sur l'étude de la répartition modale. Mais il semble bien que les potentialités du système sont plus larges et qu'il pourrait facilement être étendu à la voiture particulière d'une part et aux études prospectives d'autre part qu'elles soient sectorielles ou globales.

b) Améliorer la connaissance des déplacements automobiles

Nous avons constaté précédemment que les recueils existants laissent échapper une part importante de l'information :

- 10 à 15% des déplacements à l'échelle de l'agglomération (et probablement plus sur certains secteurs) ne sont pas repérés par les enquêtes ménage et cordon,
- les comptages sont plus proches de l'exhaustivité. En revanche, ils ne livrent aucune information sur les déplacements et les individus les réalisant.

Plusieurs pistes peuvent être envisagées pour tenter de surmonter, ou tout au moins réduire, cet obstacle :

- appréhender les itinéraires lors des enquêtes ménage et cordon. On pourrait ainsi, par comparaison avec les données de comptage, mieux déterminer les déplacements échappant à ces deux enquêtes,
- effectuer une enquête auprès des conducteurs sur le terrain pour saisir les caractéristiques des déplacements (O-D, itinéraire, horaire, motif, ...) et des individus. Les modalités d'une telle enquête doivent toutefois être approfondies en raison des difficultés techniques de réalisation,
- enquêter les segments de population (ou de déplacements) échappant aux enquêtes ménage et cordon. Cela suppose d'arriver au préalable à identifier ces segments et à définir ensuite les modalités d'enquête.

3 - CONTENU DE LA PROPOSITION

Le contenu de notre proposition découle de ce qui précède. Elle se décompose en trois étapes :

- analyse approfondie des bases de données existantes et de leurs limites,
- évaluation de la transférabilité du système MADITUC,
- étude de la faisabilité du recueil complémentaire sur les déplacements automobiles.

a) Analyse des bases de données

Dans un premier temps, nous approfondirons la méthodologie de production des données. Cette investigation sera centrée sur l'agglomération lyonnaise, sans exclure toutefois des analyses auprès d'autres agglomérations françaises ou étrangères. Cela permettra d'identifier les limites inhérentes aux méthodologies de production des données utilisées sur Lyon. Mais il nous semble

également nécessaire de mieux identifier les besoins en données sur les déplacements et corrélativement les faiblesses des productions actuelles.

b) Transférabilité du système MADITUC

Les premiers contacts que nous avons eus avec l'équipe du professeur CHAPLEAU, nous ont permis d'identifier les grandes lignes du système MADITUC et des développements possibles. Cette analyse doit toutefois être approfondie. A ce propos, l'équipe canadienne est vivement intéressée par une collaboration avec une équipe française.

A l'issue de cette phase préliminaire, les objectifs du système MADITUC pourront être adaptés aux besoins français. La transférabilité sera ensuite étudiée tant sur le plan des méthodologies mises en oeuvre que sur les aspects techniques (technique d'enquête, système informatique, référent spatial adapté et compatible avec les autres sources de données, et notamment de l'INSEE), ...

c) Faisabilité d'un recueil de données complémentaires sur les déplacements automobiles

Notre objectif est ici d'étudier les différentes possibilités pour enrichir la production de données sur les déplacements automobiles. Cette investigation commencera par un examen des méthodologies mises en oeuvre dans d'autres agglomérations françaises ou étrangères. Celles-ci seront évaluées sur le plan de leur adéquation aux objectifs préalablement définis et sur celui de leur opérationnalité dans le contexte local.

Cette recherche doit déboucher sur une ou plusieurs propositions de méthodologie d'enquête. Quelques tests de faisabilité pourront compléter cette investigation.

Bibliographie

ALLARD (B.), CHAPLEAU (R.), LEBEAU (L.)

"Embryon d'un système expert pour le transport collectif urbain", Ecole Polytechnique de Montréal, 21ème Congrès de l'AQTR, mars 1986, 25 pages.

ALLARD (B.), CHAPLEAU (R.)

"Méthodes interactives sur micro-ordinateur de codification et de validation d'une enquête origine destination", Ecole Polytechnique de Montréal, 23ème Congrès de l'AQTR, mars 1988, 24 pages.

ALLARD (B.), CHAPLEAU (R.)

"Infographie interactive pour l'analyse de la mobilité sur micro-ordinateur", Ecole Polytechnique de Montréal, 22ème Congrès de l'AQTR, mars 1987, 19 pages.

ALLARD (B.), BAASS (K. G.), CHAPLEAU (R.)

"Transportation network analysis with DBASE and AUTOCAD", Ecole Polytechnique de Montréal, Third International Conference on Computing in Civil Engineering, Vancouver, août 1988, 8 pages.

ALLARD (B.), AOR (S.), BLANC (P.), CHAPLEAU (R.), LAVIGUEUR (P.), SAIDI (S.), TROTTIER (I.)

"Mobilité des DINKs, des ménages monoparentaux et des ménages à faible revenu dans la grande région de Montréal", Ecole Polytechnique de Montréal, 24ème Congrès de l'AQTR, Jonquière, mars 1989, 13 pages.

ALLARD (B.), BLANC (P.), BUSSIERE (J.), CHAPLEAU (R.), EL HARRIF (F.), LAVIGUEUR (P.)

"Analyse des bassins d'attraction des CEGEPs et des institutions universitaires montréalaises", STCUM, Ecole Polytechnique de Montréal, 24ème Congrès de l'AQTR, Jonquière, mars 1989, 16 pages.

ALLARD (B.), BLANC (P.), CHAPLEAU (R.), HIROU (C.), NADEAU (N.), LAVIGUEUR (P.)

"Caractéristiques des usagers de l'automobile à destination du centre-ville de Montréal", Ecole Polytechnique de Montréal, 24ème Congrès de l'AQTR, Jonquière, mars 1989.

ALLARD (B.), BLANC (P.), CHAPLEAU (R.), LAVIGUEUR (P.), DESCHAINTE (J. P.)

"Application de l'analyse désagrégée spatialisée à l'étude de la demande de transport collectif des Pointeliens", Ecole Polytechnique de Montréal, STCUM, 24ème Congrès de l'AQTR, Jonquière, mars 1989, 15 pages.

ALLARD (B.), CHAPLEAU (R.)

"L'ère des systèmes d'information fondés sur une analyse désagrégée pour la prise de décision en transport urbain", Ecole Polytechnique de Montréal, communication au Congrès annuel de l'Association des transports du Canada, Québec, 13 au 17 septembre 1992, 20 pages.

BAASS (K. G.), CHAPLEAU (R.), LAVIGUEUR (P.)

"A posteriori impact analysis of a subway extension in Montréal", Ecole Polytechnique de Montréal, communication at the 1987 Annual Meeting Transportation Research Board, January 1987, Washington, 12 pages.

BERGERON (D.), CHAPLEAU (R.)

"Modèles simples de planification opérationnelle en transport collectif : allocation des garages et traitement de comptes", Ecole Polytechnique de Montréal, Routes et Transports, N°3, vol. XXI, Montréal, pages 12 à 19.

BERGERON (D.), CHAPLEAU (R.)

"Examen du logiciel QRS II pour son application au cas de Montréal", Ecole Polytechnique de Montréal, Communication au 27ème Congrès annuel de l'AQTR, Sherbrooke, 12 au 15 avril 1992, 23 pages.

BLANC (P.), CHAPLEAU (R.)

"Expansion et agrégation des données d'enquête O-D", Ecole Polytechnique de Montréal, 23 Congrès de l'AQTR, Montréal, mars 1988, 21 pages.

BONNAFOUS (A.)

Structures démographiques et comportements sociaux. Rapport introductif au symposium de la CEMT 1992 sur la croissance des transports en question, 1992, pp. 5-22.

BONNEL (P.)

"Notes de lecture : *"MADITUC - extraits des publications scientifiques 1982 - 1992"*", ENTPE, Laboratoire d'Economie des Transports, octobre 1992, 25 pages.

CHAGNON (G.), NOEL (M.)

"Les effets financiers des déplacements inter-réseaux - méthodologies d'évaluation", Direction Générale du Transport, Ministère des Transports du Québec, Février 1990.

CHAPLEAU (R.), DE CEA (J.)

"La perception de l'offre par les usagers du transport en commun, sous la perspective d'un modèle d'affectation", Ecole Polytechnique de Montréal, communication présentée à la Conférence Mondiale sur la Recherche dans les Transports, Hambourg, 26 au 29 avril 1983, 18 pages.

CHAPLEAU (R.)

"Transit network analysis and evaluation with a totally disaggregate approach", Ecole Polytechnique de Montréal, publication du Centre de Recherche sur les Transports de l'Université de Montréal, avril 1986, 21 pages.

CHAPLEAU (R.), GIRARD (D.)

"Effects of population aging and urban dispersion on the use of urban transport in the future", Ecole Polytechnique de Montréal, Société de Transport de la Communauté Urbaine de Montréal; rapport publié par le Centre de Recherche sur les Transports de l'Université de Montréal, Avril 1986, 20 pages.

CHAPLEAU (R.), LAVIGUEUR (P.)

"Transport en commun et tendances socio-démographiques : situation québécoise", Ecole Polytechnique de Montréal, Routes et Transports N°3, vol. XXI, Montréal, pages 6 à 11.

CHAPLEAU (R.)

"L'insertion technologique dans la planification des transports urbains : le syndrome impérial", Ecole Polytechnique de Montréal, 22ème congrès annuel de l'AQTR, Hull, Mars 1987, 11 pages.

CHAPLEAU (R.), LAVIGUEUR (P.)

"Utilisation de MADITUC pour l'appréciation des impacts d'un prolongement de métro", Ecole Polytechnique de Montréal, 22ème Congrès de l'AQTR, Hull, mars 1987, 23 pages.

CHAPLEAU (R.), NOEL (M.)

"Modification d'un réseau de transport collectif et répartition modale", Service des Systèmes d'information, Ministère des Transports du Québec, Ecole Polytechnique de Montréal, 22ème Congrès annuel de l'AQTR, Hull, Mars 1987, 21 pages.

CHAPLEAU (R.)

"An integrated Disaggregate Approach for the Modelling of Public Transport System", Ecole Polytechnique de Montréal, communication présentée au "Third Canadian Seminar On Systems Theory For the Civil Engineer", June 9, 1987, Montréal, 18 pages.

CHAPLEAU (R.)

"Mesure de la redistribution des bénéfices et des coûts associés à un réseau de transport en commun", Ecole Polytechnique de Montréal, 23ème Congrès de l'AQTR, Montréal, Mars 1988, 18 pages.

CHAPLEAU (R.), COTE (J.)

"Evolution de la mobilité des personnes de l'agglomération urbaine de Québec", Ecole Polytechnique de Montréal, 24ème Congrès de l'AQTR, Jonquière, mars 1989, 25 pages.

CHAPLEAU (R.), LAVIGUEUR (P.)

"Instruments de publication et d'analyse de données d'enquêtes origine-destination", Ecole Polytechnique de Montréal, 24ème Congrès annuel de l'AQTR, Jonquière, mars 1989, 25 pages.

CHAPLEAU (R.)

"La planification et l'analyse des systèmes de transport urbain : un bilan des méthodes et modèles disponibles avec l'approche désagrégée", Ecole Polytechnique de Montréal, communication au 25ème Congrès annuel de l'AQTR, Montréal, 8 au 11 avril 1990, publiée dans les Cahiers Scientifiques de la Revue Transport, Lyon, N°24/1991 pages 27 à 51.

CHAPLEAU (R.)

"Profil socio-économico-démographique du métro de Montréal : anatomie de la ville dans le voisinage du métro", Ecole Polytechnique de Montréal, 27ème Congrès annuel de l'AQTR, Sherbrooke, 12 au 15 avril 1992, 22 pages.

CHAPLEAU (R.)

"Constitution d'un système informationnel de référence pour fins d'analyse et de planification des transports urbains : cas de Marrakech", Ecole Polytechnique de Montréal, 27ème Congrès annuel de l'AQTR, Sherbrooke, 12 au 15 avril 1992.

CHAPLEAU (R.)

"La modélisation de la demande de transport urbain avec une approche totalement désagrégée", Ecole Polytechnique de Montréal, communication à la 6ème Conférence Mondiale sur la Recherche dans les Transports, Lyon, juillet 1992, 12 pages.

CHAPLEAU (R.)

Eléments analytiques de la démarche "totalement désagrégée" : MAD(strat)², Ecole Polytechnique de Montréal, 1992

CHAPLEAU (R.), De CEA (J.)

La perception de l'offre par les usagers du transport en commun sous la perspective d'un modèle d'affectation, Ecole Polytechnique de Montréal, Université de Montréal - Centre de Recherche sur les Transports, Publication n°293, Décembre 1982, 21p.

Data Management Group, University of Toronto, Joint program in transportation, avec la participation de Ministry of Transport Ontario, Regional Municipality of : Metropolitan Toronto, Durham, York, Peel, Halton, Hamilton-Wentworth; Go Transit; Toronto Transit commission.

"1991 TRANSPORT TOMORROW SURVEY : Design and conduct of the survey"

Préparé pour the Toronto Area Transportation Planning Data Collection Steering Committee; Août 1992.

HIVERT (L.)

Modélisation de la demande de transport : présentation critique de l'outil désagrégé, Mémoire pour le Diplôme d'Etudes Approfondies de Recherche Opérationnelle "Modèles et Algorithmes de la décision", Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 1983, 124 p.

MACKINDER (I. H.), EVANS (S. E.)

The predictive accuracy of British transport studies in urban areas, Crowthorne : Transport and Road Research Laboratory, 1981.

RAUX (C.)

Modèles et prévision des comportements de mobilité quotidienne, Thèse pour le Doctorat de Docteur-Ingénieur en Economie des Transports, Université Lyon II - Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, 1983, 256 p.

RUKHOLM (T.), Dr MEKKY (A.)

"THE TRANSPORT TOMORROW SURVEY 1986: Design and conduct of the survey", Etude préparée pour The Toronto Area Transportation planning Data Collection Steering Committee, par the Tranplan Associates et les membres of the Transportation Tomorrow Survey Work Group, Décembre 1987.

STCUM

"Mobilité des personnes dans la région de Montréal, enquête origine-destination régionale 1987"
STCUM, Direction exécutive de la Planification et de l'action commerciale, avril 1989, 145 pages.

Carnet d'adresses

Personnes rencontrées au cours de la mission

Professeur Robert CHAPLEAU, Directeur du Laboratoire de Planification des Transport,

Bruno ALLARD, assistant

Pierre LAVIGUEUR, assistant

Daniel BERGERON, assistant

Ecole Polytechnique de Montréal

Laboratoire de Planification des Transports

2900 bd Edouard Monpetit, Case Postale 6079, Succursale A, Montréal (Québec) H3C 3A7

Tel (514) 340 48 08; Fax (514) 340 40 26

(adresse personnelle 6890, 20ème avenue, Montréal (Québec) H1X 2J7

Jean Pierre PRIMEAU, Chef du Service des données et des modèles des systèmes de transport

Martin NOEL, Chef de division Service des données et des modèles des systèmes de transport

Ministère des Transports

35 rue de Port Royal Est

Montréal (Québec) H3L 3T1

Tel (514) 864 17 50; Fax (514) 873 73 89

STCUM (Société de Transport de la Communauté Urbaine de Montréal)

Jocelyn GRONDINES, Chef de la Division Etudes et Recherches

Claude BOUCHER,

159 rue Saint-Antoine Ouest, Montréal (Québec) H2Z 1H3

Tel (514) 280 5011, Fax (514) 280 5020

Table des Matières

Sommaire	2
Introduction	3
I Le système MADITUC	4
1 - Le cadre général des transports à Montréal	4
1 - 1 La Grande Région de Montréal	4
1 - 2 La mobilité des personnes dans la région de Montréal	5
1 - 3 Les responsables des transports dans la Grande Région de Montréal	6
1 - 3.1 Le cadre institutionnel	6
1 - 3.2 Le cadre financier	7
2 - Présentation générale de MADITUC	7
2 - 1 L'approche MADITUC	7
2 - 1.1 Un système d'information complexe plus qu'un simple modèle	7
2 - 1.2 Vers une approche totalement désagrégée	8
2 - 1.2.1 La démarche classique	8
2 - 1.2.2 L'approche canadienne	9
2 - 2 Les principaux modules de MADITUC : philosophie générale et outils informatiques	11
2 - 2.1 Le module de traitement de la demande	11
2 - 2.1.1 Le repérage de flux personnalisés	11
2 - 2.1.2 Une demande basée sur le concept d'itinéraire	11
2 - 2.2 Le module interactif-graphique	12
2 - 2.2.1 Le module territorial	12
2 - 2.2.2 Le module de reconstitution du réseau	14
2 - 2.3 Les modules de mesure d'accessibilité et d'affectation	15
2 - 3 Les partenaires de MADITUC	15
2 - 3.1 Les partenaires montréalais	15
2 - 3.1.1 La Société des Transports de la Communauté Urbaine de Montréal (S.T.C.U.M.)	15
2 - 3.1.2 Le Ministère des Transports de Québec	16
2 - 3.1.3 La Société des Transports en commun de Laval	16
2 - 3.1.4 La Communauté Urbaine de Montréal	16
2 - 3.1.5 La Ville de Montréal	16
2 - 3.2 Les autres partenaires canadiens	16
2 - 3.2.1 La Commission de Transports en commun de la Communauté Urbaine de Québec	16
2 - 3.2.2 La Toronto Transit Commission	17
2 - 3.2.3 Le Winnipeg Transit Department	17
2 - 3.3 Les partenaires étrangers	17
3 - Conclusion	17
II La constitution des bases de données utilisées	18
1 - Les enquêtes à Montréal	18
1 - 1 Enquête régionale origine-destination	18
1 - 1.1 Présentation générale	18
1 - 1.2 Méthodologie d'enquête	19
1 - 1.3 Les coûts d'enquête	24
1 - 2 Les autres enquêtes déplacements	24
1 - 2.1 Enquête Montée - Descente	24
1 - 2.2 Enquête de satisfaction STCUM	25
1 - 2.3 Comptages routiers	25
2 - Les enquêtes régionales Origine-Destination de Toronto	25
2 - 1 L'enquête de 1986	26
2 - 1.1 Introduction	26
2 - 1.2 Description de l'enquête	26

2 - 1.3 Le coût de l'enquête	27
2 - 1.4 Questionnaire proposé	27
2 - 1.5 Codage des réponses	28
2 - 1.6 Taux d'échantillonnage	29
2 - 2 L'enquête de 1991	29
2 - 2.1 Généralités	29
2 - 2.2 Planification et design de l'enquête	29
2 - 2.3 Les interviews	30
2 - 2.4 Codage	30
2 - 2.5 Coût d'enquête	31
2 - 2.6 Conclusions et recommandations	32
2 - 2.7 Renseignements complémentaires	32
3 - Les autres bases de données	33
3 - 1 Les bases de données territoriales	33
3 - 1.1 Dictionnaire des municipalités	33
3 - 1.2 Dictionnaires des codes postaux de Postes Canada	33
3 - 1.3 Les divers découpages	34
3 - 2 Les bases de données réseaux	34
3 - 2.1 "Aera Master file"	34
3 - 2.2 Réseaux de transports collectifs	34
3 - 2.3 SIGGAR (arrêts de bus)	34
3 - 3 Le recensement	34
3 - 4 Les autres bases de données	35
3 - 4.1 Dictionnaires des noms et numéros de rues	35
3 - 4.2 Dictionnaires des intersections	35
3 - 4.3 Dictionnaire des générateurs ou "monuments"	35
3 - 4.4 Fichiers téléphoniques de Bell Canada	35
4 - Conclusion	36
III Applications et développements envisagés	37
1 - Les applications	37
1 - 1 Les champs d'applications	37
1 - 1.1 Planification des réseaux de transport en commun	37
1 - 1.2 Analyse des comportements de déplacements urbains	37
1 - 1.3 Etude agrégée du système de transport	38
1 - 1.4 Prévision à moyen terme de la demande de transport	38
1 - 2 Calibrage des fonctions d'impédance	38
1 - 3 Les effets financiers des déplacements inter-réseaux	41
1 - 4 L'analyse de corridors ferroviaires	42
1 - 4.1 Méthodologie de prévision	42
1 - 4.2 L'apport du système MADITUC et de l'enquête O-D	43
1 - 5 - Le projet SIGGAR de localisation des arrêts	44
2 - Les développements de MADITUC	44
2 - 1 MADITUC automobile	45
2 - 2 MAD(strat) ² , MADITUC marchandises	46
2 - 3 Cartographie de l'espace	46
2 - 4 Prévision de la demande de transport	47
Conclusions	48
Annexe	49
1 Historique des enquêtes transport dans la grande aire métropolitaine de Toronto	49
2 REFLEXIONS SUR LES ENQUETES MENAGE - Propositions d'améliorations	51
Bibliographie	55
Carnet d'adresses	59
Table des Matières	60