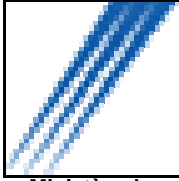


DRAST



Ministère de
l'Équipement,
des Transports
et du Logement



Laboratoire

d'Économie des Transports

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

MESURER L'IMPACT DU TRANSPORT DE MARCHANDISES EN VILLE :

LE MODELE DE SIMULATION FRETURB (V.1)

**PROGRAMME NATIONAL
MARCHANDISES EN VILLE**

Le modèle FRETURB V1 a été conçu et développé par le Laboratoire d'Economie des Transports, UMR CNRS n° 5593, Lyon.

Conception du modèle FRETURB V1 et rédaction de ce document :

Jean-Louis ROUTHIER

Erwan SEGALOU

Sandrine DURAND

Développement informatique et présentation sur CD-ROM :

Louis ALLIGIER

Florence TOILIER

Avec la collaboration de Bernard GERARDIN, Danièle PATIER, Christophe RIPERT et Jean THEVENON pour la relecture de ce document.

Nos remerciements vont tout particulièrement à Jean-Guy DUFOUR, Chargé de Mission à la DRAST, qui est à l'origine du programme National "Marchandises en ville". Sans ses conseils éclairés et ses encouragements constants, ce travail n'aurait pas pu être réalisé.

Merci également à Pierre-Louis AUBERT, qui a participé largement au développement de la maquette du modèle en 1997.

Cet ouvrage est édité conjointement par la Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques (DRAST, METL) et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) dans le cadre du programme National « Marchandises en Ville », coordonné par le CERTU.

Informations sur le modèle : freturb@let.ish-lyon.cnrs.fr

SOMMAIRE

Introduction.....	4
Un peu d'histoire.....	4
Apports et limites du modèle FRETURB.....	6
I Les enjeux des marchandises en ville	7
I-1 L'approvisionnement urbain joue un rôle essentiel dans le fonctionnement de la cité.....	8
I-2 La nécessité d'une approche systémique.....	9
II Mieux connaître la mobilité d'achat : les exemples de Bordeaux, Dijon et Marseille	11
II-1 La place des déplacements d'achat à Bordeaux, Marseille et Dijon.....	12
II-2 Localisation des achats des habitants des agglomérations de Bordeaux, Dijon et Marseille	15
II-3 Déplacements d'achat et caractéristiques individuelles.....	16
II-4 Utilisation des modes de transport pour les déplacements d'achat.....	19
II-5 Rythmes, durées et distances moyennes des déplacements d'achat	24
II-6 Les chaînes de déplacements liées aux achats.....	28
II-7 « Tendances lourdes » et spécificités locales de la mobilité liée aux achats.....	30
III Les échanges de marchandises entre les établissements.....	31
IV Les enjeux de méthode.....	33
IV-1 La nécessité d'une approche spécifique de l'approvisionnement des ménages	33
IV-2 Les échanges entre les établissements économiques : une méthode d'investigation spécifique.....	38
IV-3 Les difficultés d'appréhender les autres flux.....	42
V Le modèle FRETURB	45
V-1 Un modèle analogique désagrégé.....	45
V-2 La mise en œuvre du modèle FRETURB.....	46
V-3 Les différents modules de FRETURB	48
V-4 Les politiques et les mesures prises en compte.....	62
V-5 Les prolongements du modèle.....	65
V-6 Mise en œuvre du modèle FRETURB V1	66
ANNEXE : Description technique des différents modules.....	70
Liste des codes des variables indicées dans les formules.....	70
Module 1A : La génération des opérations de livraison ou enlèvement	71
Module 1B : La génération des déplacements VP « achat »	71
Module 2 : L'occupation de la voirie par les véhicules de livraison à l'arrêt.....	77
Module 3 : L'occupation de la voirie par les véhicules en circulation.....	82
Module 4 : Les volumes de trafic en heure de pointe.....	85
La démarche de simulation.....	86
Glossaire.....	87
Bibliographie	91
Liste des abréviations et des adresses.....	94

INTRODUCTION

Cet ouvrage décrit un modèle de simulation des déplacements de l'ensemble des véhicules utilisés dans le transport des marchandises en milieu urbain. Il s'agit de permettre à toute agglomération d'acquérir à moindre coût une connaissance de base pour mesurer l'impact du secteur encore mal connu qu'est le fret urbain.

La méthode présentée ici et mise en œuvre à l'aide du modèle FRETURB permet d'affiner le diagnostic du transport de marchandises sur une agglomération en termes d'occupation de la voirie, mais il permet aussi d'évaluer l'ampleur des effets possibles de diverses politiques, tout en évitant de mettre en œuvre des enquêtes locales trop coûteuses. Le lecteur trouvera ici une description détaillée du modèle FRETURB et de ses conditions d'utilisation, mais aussi une présentation des enjeux et des fondements théoriques du modèle. La première version de ce modèle est distribuée sur CD-ROM par le Laboratoire d'Economie des Transports.¹

Ce document est la suite logique d'un premier ouvrage édité par la DRAST (Ministère des Transports) : « Diagnostic du transport de marchandises en ville », en juin 2000 (DRAST, 2000). Il présente une méthode de génération spatialisée des flux d'approvisionnement dans une agglomération, sans qu'il soit nécessaire de procéder à des enquêtes lourdes. Nous conseillons vivement au lecteur de se référer à ce premier document afin de prendre connaissance de la démarche méthodologique générale, des principaux résultats des enquêtes qui ont permis de construire le modèle. Un premier CD-ROM permet d'appliquer **un modèle de génération** des opérations de livraison et d'enlèvement de marchandises dans une agglomération : LOGISTMV. Il permet notamment de calculer, sur la base d'un simple fichier d'établissements, tel le fichier SIRENE de l'INSEE, le nombre d'opérations de livraison et d'enlèvement de marchandises qui est généré par l'ensemble des activités économiques d'une agglomération, en distinguant les réceptions et les expéditions, le type de véhicule utilisé et la part du compte propre et du compte d'autrui. Le document et le CD-ROM sont disponibles auprès du CERTU. De nombreuses villes françaises l'ont mis en œuvre, parmi lesquelles Lille, Rennes, Tours, Strasbourg, Pau, Toulouse, Limoges, Marseille, Bordeaux.

Un peu d'histoire

Entre 1975 et 1990, la production des recherches en transport urbain s'est beaucoup développée sur les déplacements de personnes, alors que les marchandises en ville ont fait l'objet d'une désaffection quasi totale. Au début de cette période, avec la généralisation de l'usage de l'automobile et du transport routier interurbain de marchandises, la demande sociale se fait peu pressante relativement au rôle tant économique qu'environnemental du transport de marchandises en ville. Il s'agit à ce moment de gérer au mieux les trafics dans un contexte de croissance de la congestion urbaine. Les outils de modélisation sont ainsi destinés à optimiser les projets d'infrastructure de transport, sans qu'il apparaisse nécessaire de mieux connaître les déterminants de la formation des flux de marchandises dans la ville. En effet, avec la délocalisation des activités industrielles et logistiques en périphérie des centres urbains, l'impact des marchandises en ville reste peu visible. Par la suite, la modération de la croissance économique et les profondes mutations du système logistique des années quatre-vingt (réduction drastique des stocks, commande de l'offre par la demande, juste à temps et flux tendus) focalisent l'attention du secteur. A ce moment, le transport de marchandises en ville reste vécu comme un « mal nécessaire » qui encombre la voirie urbaine, sans pour autant être considéré par les aménageurs comme un élément majeur de la dynamique économique de

¹ LET - Unité Mixte de Recherche du CNRS n° 5593, Lyon.

la ville. A partir du début des années 1990, deux phénomènes se confirment. D'une part, le déclin de la démographie et des activités commerciales des centres urbains devient préoccupant pour les aménageurs. D'autre part, la montée des préférences environnementales s'exprime de plus en plus fortement. Concrétisée par les engagements des pays pour la réduction des productions de gaz à effet de serre, elle a conduit à poser le problème sous l'angle de la maîtrise des flux urbains motorisés. Le transport de marchandises en ville nécessite alors d'être considéré comme une des composantes importantes de la dynamique urbaine. De nouveaux outils doivent alors être développés, afin de répondre à la double préoccupation de développement et de maîtrise des flux. Une vision systémique de la ville s'avère indispensable pour concevoir des outils de simulation des effets des différentes politiques sur le transport de marchandises en ville.

Figure 1. L'évolution des enjeux et des approches méthodologiques

Chronologie des enjeux et méthodes d'aide à la décision pour les Transports de Marchandises en Ville			
	1975	1990	
<i>Enjeux et demande sociale</i>	Construction des infrastructures	Gestion des trafics (congestion)	Maîtrise du développement urbain
<i>Approche</i>	Economique	Mécanique	Systémique
<i>Horizon</i>	Court/moyen terme	Court/moyen terme	Moyen et long terme
<i>Types de modèles</i>	Modèles d'optimisation des coûts	Modèles à quatre étapes Modèles d'optimisation	Modèles de simulation de politiques de développement durable

Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon



Apports et limites du modèle FRETURB

Le transport de marchandises en ville se décompose en trois grands secteurs :

- les échanges de marchandises entre tous les établissements économiques de l'aire d'étude, qu'ils soient industriels, commerciaux ou de service;
- les flux d'approvisionnement des ménages représentés par les déplacements d'achat et les livraisons à domicile ;
- les autres flux que sont les chantiers de construction et de travaux publics, la collecte, le stockage et l'élimination des déchets ménagers et industriels, les déménagements, l'entretien des réseaux urbains (voirie, assainissement, électricité, télécommunications...), les services postaux.

Après avoir précisé les principaux enjeux tant économiques et environnementaux que méthodologiques de la démarche proposée, nous abordons tour à tour chacune de ces trois composantes en montrant les caractéristiques et les degrés de connaissance à fin de modélisation. Nous proposons tout d'abord **une méthode d'évaluation des flux de véhicules** générés par l'ensemble du TMV, en portant l'accent sur les flux d'achat qui représentent plus de la moitié de l'ensemble des flux d'approvisionnement (mesurés en km-équivalent-voitures particulières en termes d'occupation de la voirie)². Ensuite, nous expliquons la démarche suivie pour parvenir à une estimation de l'occupation de la voirie par les véhicules de livraison qui représentent la partie la plus "visible" du transport urbain de marchandises, c'est à dire ceux qui effectuent les échanges entre les établissements industriels, commerciaux et de service. Cette estimation définit un scénario de référence permettant de mesurer l'impact attendu de diverses politiques de transport et d'aménagement.

Un CD-ROM permet de mettre en œuvre le modèle décrit dans ce document sur toute agglomération française sur la base de fichiers d'établissements et de données peu coûteuses sur la démographie et la géographie de l'espace d'étude.

Ce travail doit être considéré dans une démarche évolutive permettant de franchir une étape dans l'aide au diagnostic du transport urbain de marchandises. Il sera régulièrement enrichi et amendé au gré de l'avancement des recherches et études en cours et grâce aux questions posées par les utilisateurs, services techniques de collectivités, bureaux d'étude spécialisés ou services de l'Etat, dans le cadre d'un forum d'utilisateurs animé par le LET, à l'adresse suivante :

Freturb@let.ish-lyon.cnrs.fr

Par leur construction inductive sur la base d'enquêtes et d'un processus de modélisation, les résultats du modèle FRETURB n'ont pas une portée descriptive absolue. Ce sont des ordres de grandeur qui ne tiennent pas compte de toutes les spécificités de la ville. En conséquence, ils doivent être considérés comme une base de référence dont l'utilité est triple :

- proposer un cadre descriptif global des principaux volumes de déplacement et de trafic mis en jeu par le TMV ;
- mieux appréhender les interactions entre les facteurs de nature logistique et d'aménagement, explicatifs de la formation des flux de TMV ;
- permettre de mesurer en relatif, les effets de politiques susceptibles d'infléchir l'impact du TMV sur le système de transport en termes de congestion et d'environnement.

Dans son état actuel, ce modèle rend compte des transports de marchandises internes à la zone d'étude, c'est à dire ayant leur origine et leur destination dans la zone d'étude. Les flux d'échange de la zone avec l'extérieur correspondent pour une grande part à des trafics interurbains. Ils ne sont pas intégrés dans le modèle, car ces derniers n'ont pas été correctement identifiés dans les enquêtes menées jusqu'à présent.

Nous rappelons ci-dessous les grands enjeux des marchandises en ville, tant sur le plan quantitatif que qualitatif dans l'ensemble de la gestion urbaine.

² Afin de rendre compte de l'impact de camions de divers gabarit comme des flux de véhicules, nous avons choisi d'utiliser comme unité de mesure l'heure*Equivalent Voiture Particulière (H.EVP) pour le stationnement, et le kilomètre*Equivalent Voiture Particulière (Km.EVP) pour la circulation.

I LES ENJEUX DES MARCHANDISES EN VILLE

L'approvisionnement urbain est au cœur de la dynamique économique d'une agglomération. La bonne réalisation des livraisons et enlèvements de marchandises et des déplacements d'achat conditionnent le développement harmonieux des espaces urbains et tout particulièrement des centres urbains denses. Pourtant, ce n'est que récemment que des moyens substantiels ont été mis en œuvre pour mieux connaître leur importance et leur organisation. *Le programme national "Marchandises en ville" lancé en 1993-94 à l'initiative du Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement a engagé, avec l'appui de l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, un important programme de recherche qui a permis de combler certaines lacunes dans ce domaine délaissé depuis vingt ans.* Cet intérêt est stimulé par les dispositions législatives récentes : la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie du 30 décembre 1996 intègre le rôle des marchandises au niveau de l'organisation globale des déplacements dans les grandes agglomérations. Plus récemment, la loi Solidarité et Renouvellement Urbain du 13 décembre 2000 introduit les déplacements de marchandises dans *les schémas de cohérence territoriale et précise les compétences des plans de déplacements urbains (PDU) sur les TMV, en particulier :*

- par une intégration des modalités particulières de stationnement et d'arrêt des véhicules de livraison de marchandises dans l'organisation du stationnement,
- par une rationalisation des *"conditions d'approvisionnement de l'agglomération afin de maintenir les activités commerciales et artisanales. Il prévoit la mise en cohérence des horaires de livraison et des poids et dimensions des véhicules de livraison au sein du périmètre des transports urbains. Il prend en compte les besoins en surfaces nécessaires au bon fonctionnement des livraisons afin notamment de limiter la congestion des voies et aires de stationnement. Il propose une réponse adaptée à l'utilisation des infrastructures logistiques existantes, notamment celles situées sur les voies de pénétration autres que routières et précise la localisation des infrastructures à venir, dans une perspective d'offre multimodale"*.
- par une référence aux transports dans la liste des critères d'attribution d'autorisation d'urbanisme commercial concernant : *"- l'impact global du projet sur les flux de voitures particulières et de véhicules de livraison, - la qualité de la desserte en transports publics ou avec des modes alternatifs, - les capacités d'accueil pour le chargement et le déchargement des marchandises"*.
- le code des collectivités territoriales légalise les emplacements réservés à l' *"arrêt des véhicules effectuant un chargement ou un déchargement de marchandises"*.

Cette mobilisation de l'appareil législatif est à rapprocher des résultats des recherches effectuées ces dernières années. Une bibliographie succincte est citée en fin d'ouvrage. Le lecteur pourra s'y reporter afin d'obtenir les éclaircissements nécessaires. L'ensemble des ouvrages qui ont alimenté ce travail sont cités et commentés sur la bibliographie du site "www.transports-marchandises-en-ville.org". Cette dernière compte 400 ouvrages et est régulièrement alimentée par l'ensemble des participants au programme "Marchandises en ville". Nous retraçons ci-dessous quelques résultats marquants des recherches qui expliquent les fondements de la démarche adoptée par la suite.

I-1 L'approvisionnement urbain joue un rôle essentiel dans le fonctionnement de la cité

En première approximation, la part du trafic de véhicules dédiés au TMV dans la mobilité motorisée globale (transit non compris) atteint sur un jour ordinaire et selon les villes :

- Entre 9% et 15% des déplacements de véhicules réalisés dans l'agglomération,
- Entre 13% et 20% des véhicules-km parcourus suivant la taille et la géographie de l'agglomération,
- Entre 15 à 25 % des véhicules-km Equivalents-VP parcourus, c'est à dire en tenant compte de l'espace de voirie occupé par les différents types de véhicules (en nombre d'Equivalents Voiture Particulière : EVP).

A certaines heures de la journée et dans certaines zones commerciales denses, ces proportions peuvent doubler.

A cela il faut ajouter l'occupation de la voirie par les véhicules à l'arrêt. En effet, les véhicules de livraison à l'arrêt occupent fréquemment la voirie en double file surtout en zones denses :

A Bordeaux, par exemple, la durée d'occupation de la voirie par les véhicules de livraison en double file représente globalement 23% de la durée d'occupation totale (stationnement sur voirie + circulation). Ce pourcentage passe à 62% dans l'hyper-centre historique de la ville. (LET, 1996).

De ce point de vue, la durée d'occupation de la voirie d'une agglomération, liée à l'approvisionnement urbain, représente en moyenne plus du quart de la durée d'occupation totale, et assurément beaucoup plus en centre-ville à certaines périodes de la journée.

La confrontation des véhicules en circulation et de ceux qui sont immobilisés sur la voirie pour des besoins de livraison mène ainsi parfois à des dysfonctionnements majeurs, voire à une paralysie complète de la voirie à certaines périodes de la journée. Cela pose la question du partage de la voirie par les différentes fonctions économiques des espaces urbains.

Il en résulte *un double enjeu*, celui de *préserver la fluidité du TMV pour permettre le développement économique de la ville et celui de limiter ses nuisances environnementales au même titre que l'ensemble des trafics motorisés urbains.*

Enfin, selon les recherches récentes, la décomposition du fret urbain en trois segments de trafic donne la répartition suivante (en Km-EVP) :

- les flux de livraison et d'enlèvement de marchandises entre les établissements comptent pour 35 à 40%,
- les déplacements d'achat représentent de 50 à 55% du total,
- les autres flux représentent de 10 à 15% du total (estimation peu précise).

Ces chiffres montrent que ce sont les particuliers qui génèrent le plus de véhicules*km pour s'approvisionner, à l'aide de leur voiture particulière. Si ces flux sont banalisés dans le reste du trafic motorisé, ils n'en restent pas moins essentiels de mieux les connaître. C'est pourquoi nous présentons ci-dessous une analyse plus approfondie des déplacements d'achat. L'intégration des déplacements d'achat au modèle FRETURB comme variable endogène devra permettre, à terme, de mesurer les interactions entre flux amont des commerces (les livraisons) et flux aval (les déplacements d'achat des ménages).

De plus, il est maintenant acquis que l'accessibilité des zones d'activité et les facilités de livraison jouent un rôle primordial dans le développement économique des quartiers.

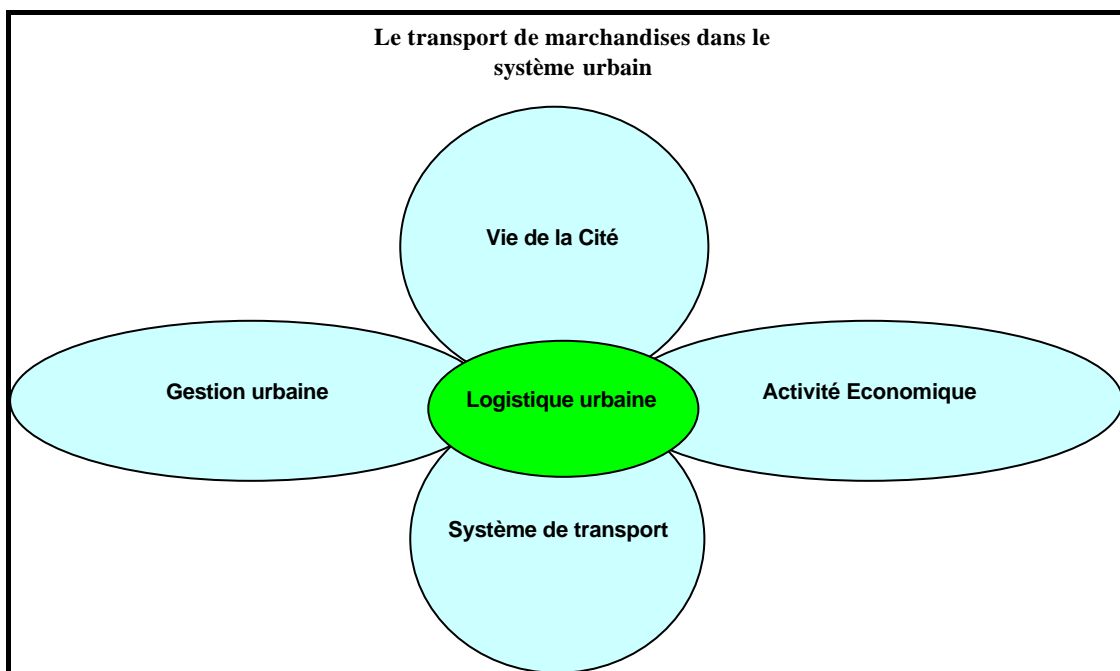
Enfin, les profondes mutations de la distribution liées au développement des nouvelles technologies de communication, tels les procédés de traçabilité de la marchandise dans les diverses chaînes logistiques ou le commerce électronique, rendent encore plus sensibles les enjeux soulevés par le TMV. Pour toutes ces raisons, il devient indispensable de ne pas seulement considérer les enjeux du TMV par les problèmes de circulation qu'il subit ou qu'il suscite mais bien de le replacer dans l'ensemble du système urbain.

I-2 La nécessité d'une approche systémique

L'organisation du transport de marchandises en ville est le fruit de l'interaction entre de nombreux agents du système urbain :

- le **système de transport** tant physique (réseau routier et aménagements de voirie : conditions de circulation, aménagements des emplacements de stationnement) que fonctionnel (type de parcours ou modes d'organisation des tournées, conditions dans lesquelles se réalisent la circulation des véhicules, le chargement ou le déchargement de la marchandise) ;
- la **gestion urbaine**, assumée par les collectivités à travers les réglementations et les décisions sur les aménagements : horaires de livraison, réglementation du stationnement. Leurs compétences, comme nous l'avons vu, sont élargies à la faveur des nouvelles lois ;
- **l'activité économique** qui regroupe chaque secteur d'activité et qui conditionne les stratégies logistiques des entreprises : conditionnement de la marchandise, types d'opérateurs, modes de gestion du transport ;
- **la vie de la cité** qui regroupe les conditions d'habitat, les modes de vie des consommateurs et l'usage de la voirie : densités d'activité et partage de la voirie, dans le temps et dans l'espace.

Figure 2



Les mécanismes de fonctionnement de chaque sous-système et leurs interactions autour des marchandises en ville font appel à ce qui est maintenant communément appelé la "logistique urbaine".

Nous avons constaté que le poids relatif des déplacements d'achat des particuliers dans le système d'approvisionnement urbain est très important. D'autre part, le recentrage des localisations de certaines activités commerciales que l'on constate dans de nombreuses agglomérations soulève le problème de leur accessibilité aussi bien par les livreurs que par les acheteurs. Enfin, l'évolution rapide des modes de communication favorisant le commerce électronique et les interrogations qui pèsent sur les livraisons à domicile laissent penser que ce secteur est susceptible d'évoluer rapidement. C'est pourquoi nous proposons ci-après un état des lieux sur ce type de mobilité.

II MIEUX CONNAITRE LA MOBILITE D'ACHAT : LES EXEMPLES DE BORDEAUX, DIJON ET MARSEILLE

Les déplacements d'achat des particuliers constituent le dernier maillon de la chaîne de distribution allant du producteur au lieu de consommation finale du produit. Ils représentent plus de la moitié des véhicules-km*EVP générés par les transports de marchandises en milieu urbain.

Toute réflexion sur l'approvisionnement en milieu urbain doit donc également se préoccuper d'urbanisme commercial et de l'ensemble des flux générés par les surfaces de vente, qu'il s'agisse des flux en aval (déplacements pour achats) ou en amont (approvisionnement des magasins). Ces derniers sont à l'heure actuelle relativement bien connus grâce aux enquêtes du Programme National de Recherche « Transport de Marchandises en Ville » menées dans les agglomérations de Bordeaux, Marseille et Dijon.

Bien que les déplacements d'achat n'aient pas fait l'objet d'investigations d'une telle ampleur, les résultats de nombreuses enquêtes spécifiques ou non, permettent de recueillir un ensemble de données sur ce thème (SEGALOU, 1999). Toutefois, ces informations sont très diffuses et résultent de méthodologies diverses, rendant difficile toute synthèse sur la mobilité d'achat en milieu urbain. A contrario, les enquêtes ménages-déplacements, dans la mesure où elles sont réalisées selon une méthodologie standard et dans la plupart des agglomérations françaises, permettent une analyse globale des caractéristiques liées à la mobilité d'achat.

A l'aide de ces enquêtes, une analyse détaillée des déplacements pour achat dans les trois villes ayant fait l'objet des enquêtes auprès des établissements (Bordeaux, Marseille, Dijon) a été réalisée. Une monographie comparative de la mobilité d'achat dans trois agglomérations de Province est présentée dans les pages qui suivent. L'étude s'appuie sur une synthèse des principaux résultats issus de l'exploitation des dernières enquêtes ménages-déplacements de Bordeaux (1998), Marseille (1997) et Dijon (1997).

NOTE METHODOLOGIQUE

1/ Les résultats sont issus des enquêtes ménages-déplacements (CERTU, 1998) :

- ➔ 1998 et 1997 pour Bordeaux et Marseille (entretiens en face-à-face avec toutes les personnes du ménage âgées de 5 ans et plus, questionnaire standardisé du CERTU) ;
- ➔ 1997 pour Dijon (entretiens par téléphone avec une seule personne du ménage, seuls les individus de 11 ans et plus ont été interrogés, questionnaire légèrement différent de celui adopté à Bordeaux et Marseille).

2/ Déplacement d'achat : déplacement dont le motif à destination est l'acte d'achat (définition standard du CERTU). Ne sont enquêtés que les déplacements effectués les jours ouvrables, ceux réalisés le samedi ne sont donc pas pris en compte.

3/ Les items du motif achat :

- ➔ A Bordeaux et Marseille :
 - Achats en hypermarché, supermarché et grand magasin ;
 - Achats en petit et moyen commerce ;
 - Achats en marché couvert et de plein vent.

- A Dijon :
- Achats en grande surface ;
 - Achats « autres commerces ».

4/ Sauf mention contraire, les données concernent les aires d'étude suivantes :

- Bordeaux et Marseille : périmètre des enquêtes TMV qui est un peu moins important que celui des enquêtes ménages-déplacements ;
- Dijon : périmètre de l'enquête ménages-déplacements, identique à celui de l'enquête TMV.

5/ Ne sont pris en compte que les déplacements effectués par les habitants de l'aire d'étude.

6/ Les redressements sont effectués à la zone de résidence.

7/ Dans certains cas mentionnés, compte tenu de la faiblesse des échantillons, il convient de rester prudent dans l'interprétation et la comparaison des résultats.

II-1 La place des déplacements d'achat à Bordeaux, Marseille et Dijon

Tous motifs et tous modes confondus, l'ensemble des habitants des agglomérations de Bordeaux, Marseille et Dijon effectuent, respectivement et au cours d'un jour moyen de semaine, environ 2 527 000, 3 473 000 et 757 000 déplacements. Autrement dit, un bordelais fait en moyenne 3,76 déplacements par jour contre 3,44 pour un marseillais et 3,82 pour un dijonnais³.

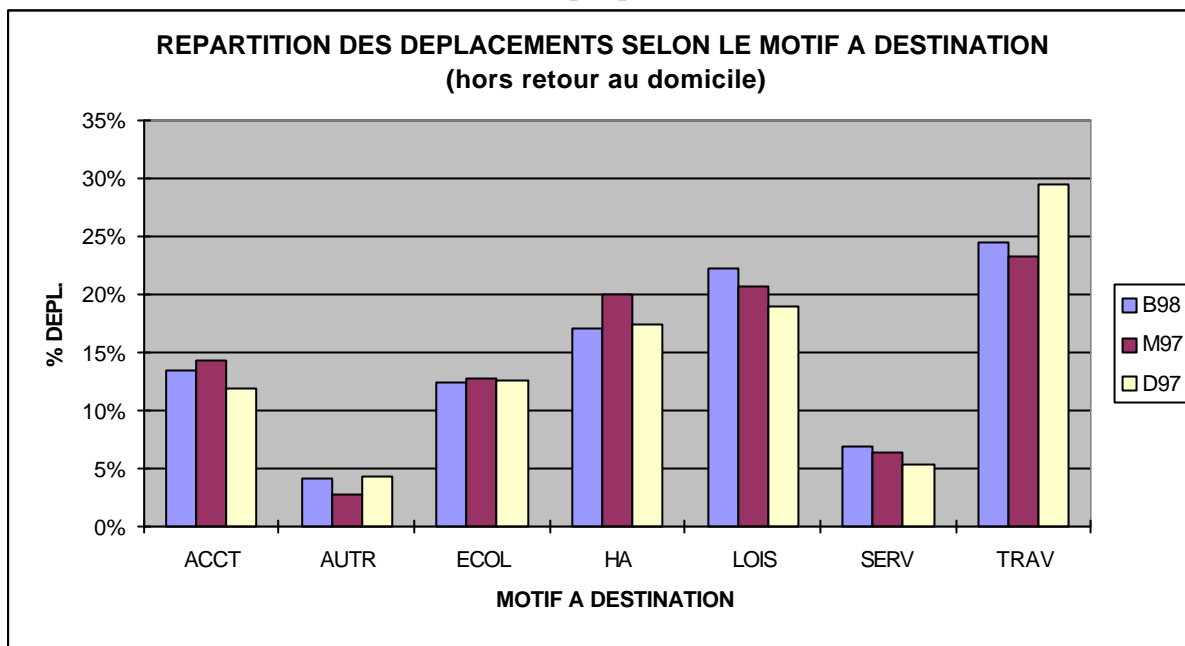
Un déplacement sur dix à une finalité d'achat

Dans chacun des trois cas, les déplacements d'achat représentent environ un déplacement sur dix : 12% à Marseille, 10% à Bordeaux et Dijon.

Hors retour au domicile, cette proportion passe à 17% pour Bordeaux et Dijon et à 20% pour Marseille (Graphique 1). Dans ce cas de figure, les achats constituent, derrière le travail et les loisirs (i.e. les activités sportives et culturelles, les promenades, les visites à des parents et amis, la restauration hors du domicile), le motif de déplacement le plus important.

³ Base : personnes de 5 ans et plus à Bordeaux et Marseille, de 11 ans et plus à Dijon.

Graphique 1.

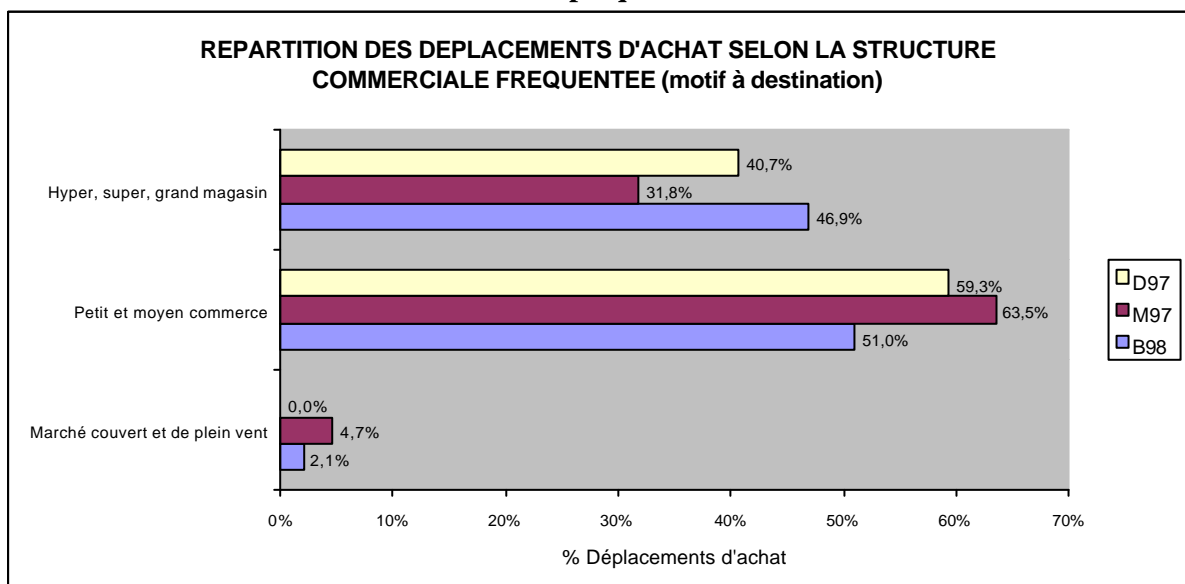


ACCT : Accompagnement, AUTR : Autres, ECOL : Ecole, HA : Achats, LOIS : Loisirs, SERV : Service, TRAV : Travail. Source : d'après enquêtes ménages déplacements Bordeaux 98, Marseille 97, Dijon 97.

Une fréquentation différenciée des structures commerciales suivant les villes ...

L'analyse de la répartition des déplacements selon la structure commerciale fréquentée laisse clairement apparaître des comportements différents entre Marseille et Bordeaux (Graphique 2)⁴.

Graphique 2.



Source : d'après enquêtes ménages déplacements de Bordeaux 98, Dijon 97 et Marseille 97.

⁴ Les modalités adoptées pour le motif achat ne sont pas tout à fait les mêmes à Dijon. Cette différence peut rendre toute comparaison directe délicate avec Bordeaux et Marseille lorsque l'on prend en compte les structures commerciales fréquentées.

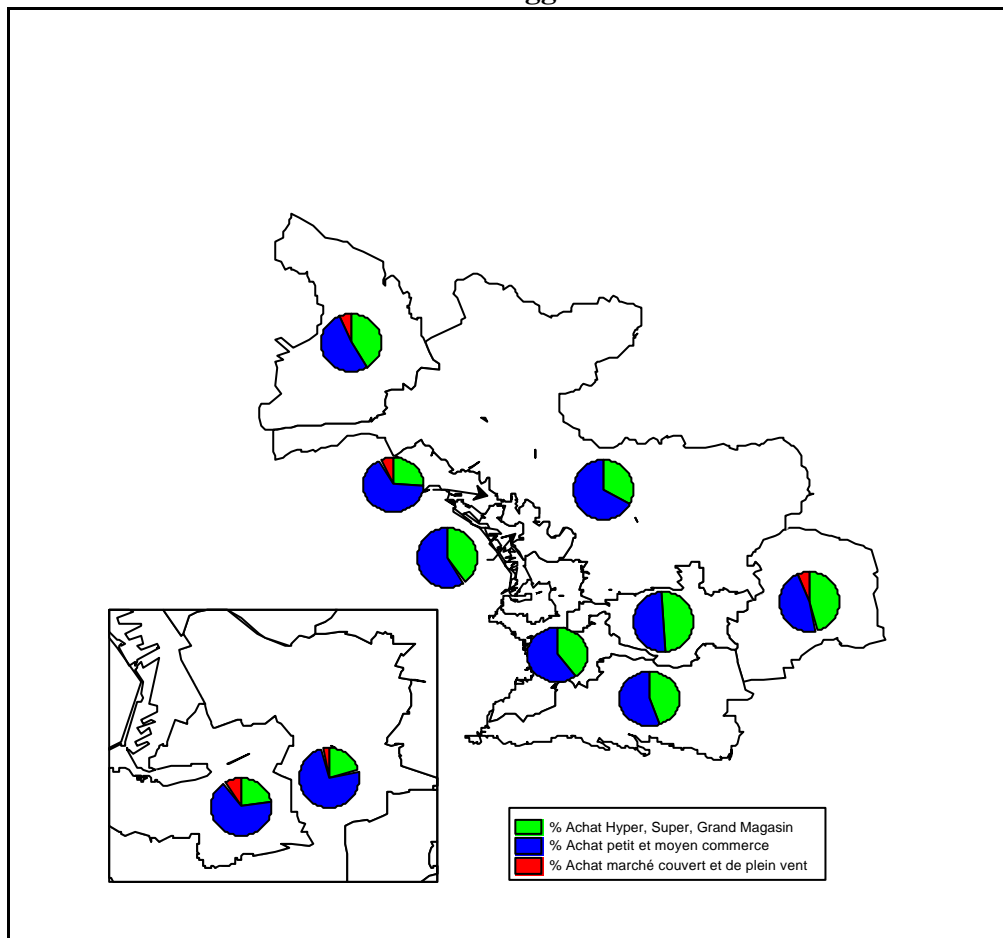
A Bordeaux, les hypermarchés, supermarchés et grands magasins génèrent presque autant de déplacements que les petits et moyens commerces (47% contre 51%). A l'inverse, à Marseille, la grande majorité des déplacements liés aux achats se fait en direction des petits et moyens commerces (63%) alors que la part des hypers, supers et grands magasins n'est que de 32%. En outre, dans la Cité Phocéenne, les marchés sont à l'origine de 5% des déplacements d'achat, soit plus du double qu'à Bordeaux.

... et les secteurs de résidence

Le type de commerce fréquenté varie fortement d'un secteur de résidence à l'autre. Ainsi, en général, les habitants des quartiers centraux, qui disposent le plus souvent d'un bon maillage commercial, se déplacent nettement plus en direction des petits et moyens commerces que les personnes qui résident en périphérie. Ce constat prévaut pour les trois agglomérations.

La Carte 1 illustre ce constat dans le cas de l'agglomération marseillaise. 72% des déplacements d'achat des résidents du centre-ville de Marseille ont pour destination des petits et moyens commerces. A contrario, dans certains secteurs périphériques, comme ceux de l'Etang de Berre ou de la Vallée de l'Huveaune, seul un déplacement sur deux se fait en direction de tels commerces.

Carte 1. Répartition des déplacements d'achat selon les commerces fréquentés par secteur de résidence dans l'agglomération de Marseille



Source : Enquête ménages déplacements Marseille 97. Cartographie LET.

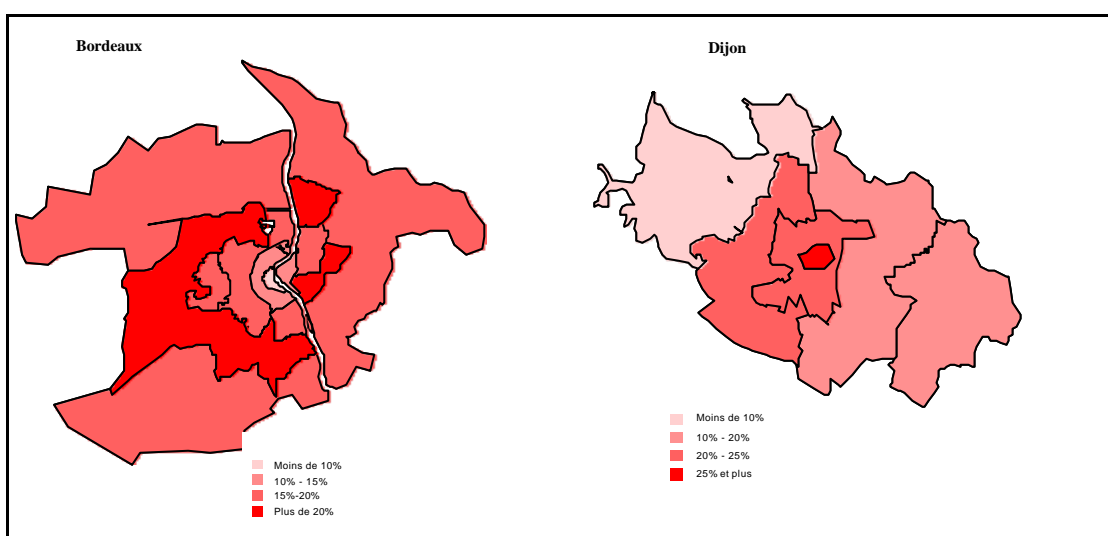
II-2 Localisation des achats des habitants des agglomérations de Bordeaux, Dijon et Marseille

A Bordeaux ou à Dijon, les habitants réalisent très peu de déplacements d'achat en dehors de l'aire d'étude au cours d'un jour moyen de semaine : respectivement 2% et 3%. Cette proportion est beaucoup plus importante dans le cas de Marseille : elle atteint 7%. Dans ce dernier cas, cela s'explique par la présence de communes attractives sur le plan commercial, comme Aix-en-Provence par exemple, à l'extérieur du périmètre d'étude retenu.

Une attractivité des secteurs différenciée d'une agglomération à l'autre

Concernant les secteurs de destination des déplacements d'achat des habitants des aires d'étude, Marseille et Dijon se distinguent très nettement de Bordeaux. En effet, les quartiers centraux (hypercentre et centre-ville) de la capitale bourguignonne et de la Cité Phocéenne jouissent d'une forte attractivité commerciale puisqu'ils sont la destination de respectivement 45% et 32% des déplacements d'achat. A l'inverse, à Bordeaux, ces secteurs n'attirent que 21% des déplacements d'achat des habitants de l'agglomération comme l'illustre la Carte 2.

Carte 2. Répartition des déplacements d'achat à Bordeaux et Dijon selon les secteurs de destination (jour de semaine)



Source : Enquêtes ménages déplacements Bordeaux 98 et Dijon 97. Cartographie LET.

Dans le cas de l'agglomération bordelaise, c'est la quatrième couronne, composée des communes traversées par la rocade, qui polarise le plus grand nombre de déplacements d'achat : 25%. Ce secteur concentre de nombreuses grandes et très grandes surfaces. A Marseille ou à Dijon, les secteurs qui attirent une part importante des déplacements d'achat sont, après les quartiers centraux, ceux dotés de grands centres commerciaux périphériques.

Des achats réalisés majoritairement dans le secteur de résidence

Dans les trois agglomérations étudiées, il ressort qu'en moyenne la majorité des déplacements d'achat se fait dans le secteur de résidence : de 50% à Dijon à 68% à Marseille en passant par

59% à Bordeaux⁵. De façon globale, on peut également remarquer que les habitants de l'hypercentre effectuent plus d'achats que la moyenne dans le secteur où ils résident.

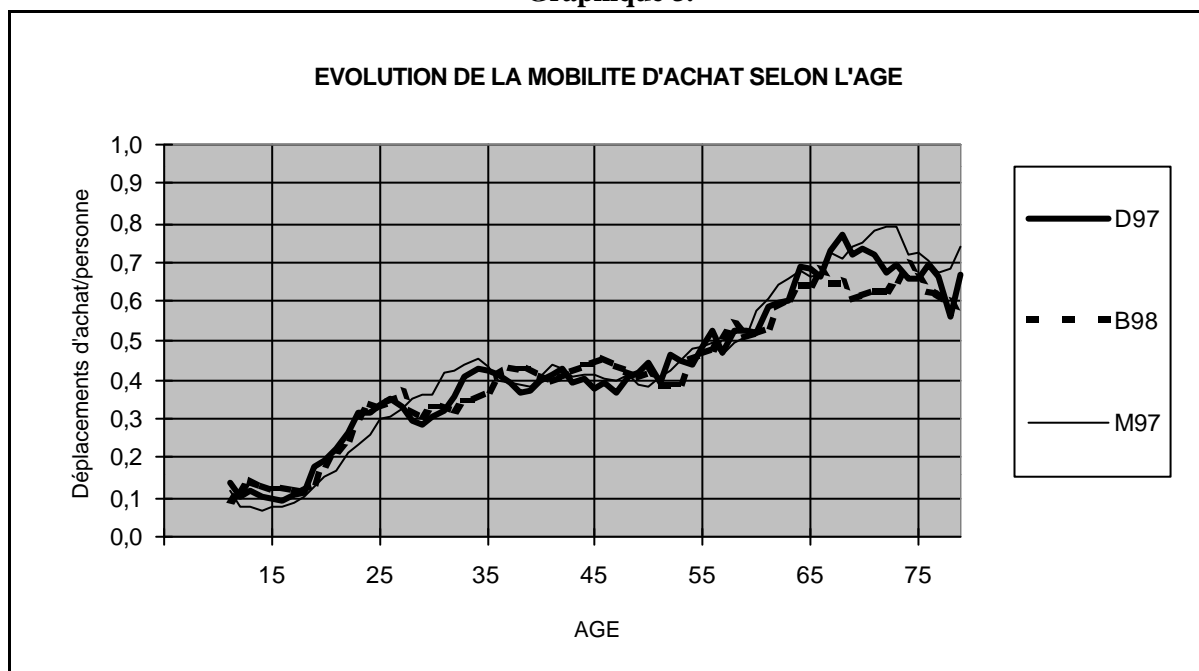
II-3 Déplacements d'achat et caractéristiques individuelles

De l'influence de la position dans le cycle de vie et du statut sur la mobilité d'achat ...

La mobilité liée aux achats évolue avec le cycle de vie des individus, de façon identique dans les trois agglomérations considérées (Graphique 3).

Ainsi, la mobilité d'achat croît fortement à partir de 18 ans puis se stabilise entre 35 ans et 50 ans autour de 0,40/0,45 déplacements par jour et par personne. Au-delà, elle augmente à nouveau de façon notable jusqu'à atteindre son niveau le plus élevé (entre 0,7 et 0,8, un peu plus faible à Bordeaux) chez les personnes de 65 à 70 ans. A partir de cet âge, elle décroît rapidement. En moyenne, un retraité effectuerait ainsi entre une fois et demi et deux fois plus de déplacements d'achat qu'un actif.

Graphique 3.



Source : d'après les enquêtes ménages déplacements Bordeaux 98, Marseille 97 et Dijon 97.

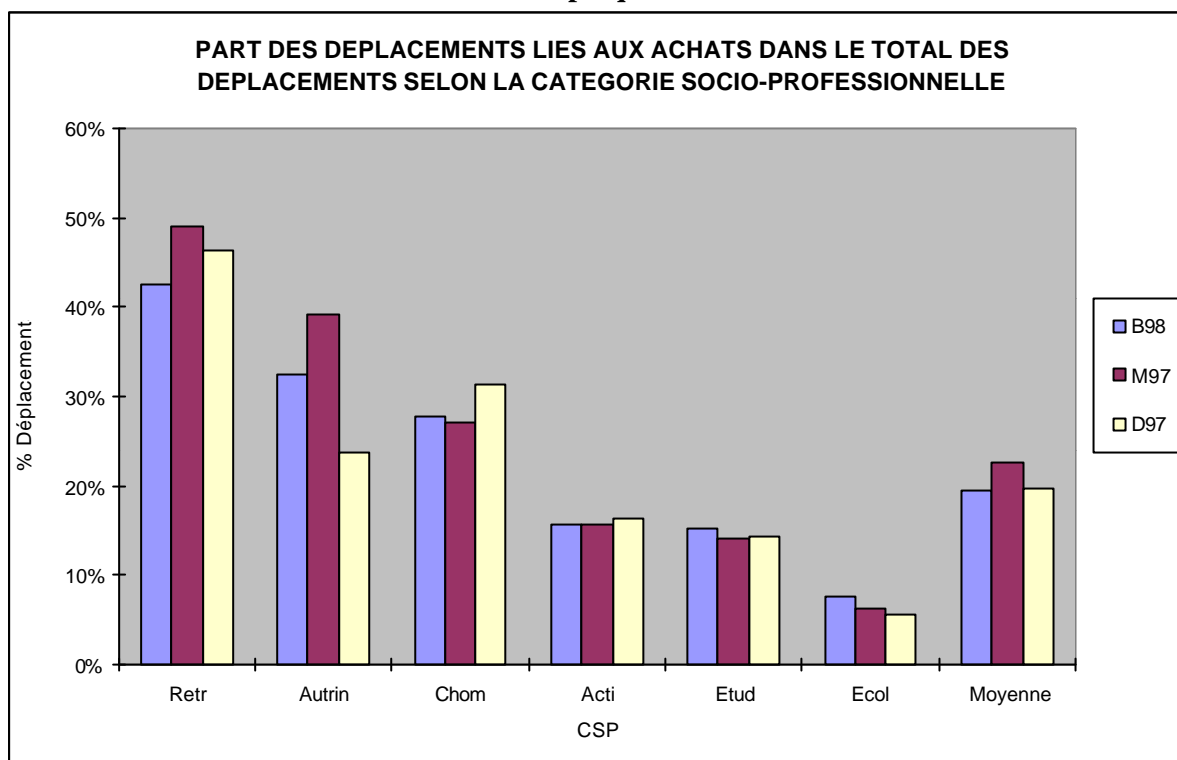
Les déplacements liés aux achats sont relativement prédominants chez les retraités (plus de 40% en moyenne et même 50% à Marseille, Graphique 4). Un tel constat prévaut également pour d'autres catégories de personnes inactives et pour les chômeurs.

A l'inverse, chez les actifs et les étudiants, les déplacements liés aux achats ne représentent que 15% de l'ensemble de leurs déplacements.

Le statut socioprofessionnel joue un rôle particulier dans la mesure où une part importante des déplacements des individus n'ayant pas d'activité salariée est polarisée autour des achats.

⁵ Découpage en 6 secteurs à Dijon et Bordeaux et en 10 secteurs à Marseille.

Graphique 4.



Retr : Retraité , Autrin : Autre inactif, Chom: Chômeur, Acti : Actif, Etud : Etudiant,
Ecol : Ecolier, Collégien, Lycéen.

Source : d'après les enquêtes ménages déplacements de Bordeaux 98, Marseille 97 et Dijon 97.

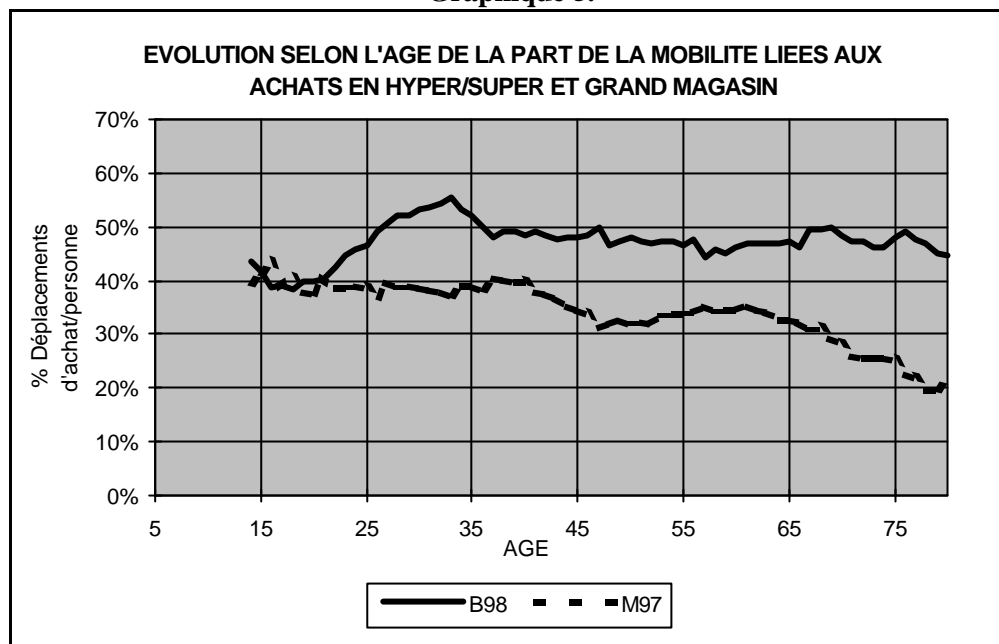
... et sur le type de commerce fréquenté

Comme le souligne le graphique 5, il existe, quel que soit l'âge, un écart important (17%) entre Marseille et Bordeaux concernant la part des déplacements d'achat en direction des hypermarchés, supermarchés et grands magasins. De plus, l'évolution dans le cycle de vie de cette part n'est pas identique d'une agglomération à l'autre.

A Bordeaux, la mobilité liée aux achats dans les grandes surfaces connaît une forte croissance chez les individus à partir de 20 ans et atteint un seuil maximal vers 30 ans. En moyenne, à cet âge, les habitants de l'agglomération bordelaise effectuent plus de la moitié (55%) de leurs déplacements d'achat à destination des hypermarchés, supermarchés et grands magasins. Au-delà de 35 ans, cette mobilité se traduit par une grande stabilité, oscillant entre 45% et 50%.

A Marseille, la tendance est différente. Il n'y a pas d'évolution marquée de la part de la mobilité liée aux achats en grande surface, voisine de 40%, jusqu'à l'âge de 40 ans. En revanche, à partir de cet âge, elle commence à décroître pour se stabiliser autour de 35% chez les personnes âgées de 50 à 65 ans. La part de cette mobilité diminue ensuite fortement.

Graphique 5.



Source : D'après enquêtes ménages déplacements de Bordeaux 98 et Marseille 97.

L'évolution, selon l'âge, de la mobilité liée aux achats dans les petits et moyens commerces à Marseille et Bordeaux présente logiquement des profils symétriquement opposés à ceux exposés pour les grandes surfaces.

La répartition des déplacements d'achat selon le type de commerce pour chaque statut socioprofessionnel (Tableau 1), liée, il est vrai, en partie à la position dans le cycle de vie, laisse apparaître que dans les deux agglomérations les étudiants et les actifs font relativement plus de déplacements pour le motif achat en direction des hypermarchés, supermarchés et grands magasins : respectivement 50% et 49% à Bordeaux et, 52% et 37% à Marseille.

Tableau 1. Répartition des déplacements d'achat par statut et type de commerce

STATUT	Hyper, super et grands magasins		Petits et moyens commerces	
	B98	M97	B98	M97
Actif	49%	37%	50%	60%
Autre inactif	47%	34%	49%	60%
Chômeur	43%	27%	55%	66%
Ecolier	41%	38%	59%	60%
Etudiant	50%	52%	49%	47%
Retraité	46%	25%	50%	69%
MOYENNE	47%	32%	51%	64%

Source : D'après enquêtes ménages déplacements Bordeaux 98, Marseille 97.

Par ailleurs, que ce soit à Bordeaux ou à Marseille, la part des grandes surfaces dans les déplacements d'achat des chômeurs est inférieure à la moyenne. Ce constat est également vrai pour les retraités marseillais alors que ceux de Bordeaux ont un comportement proche de la moyenne.

Quant à la part des déplacements vers les petits et moyens commerces, elle est supérieure à la moyenne chez les chômeurs et les écoliers bordelais (respectivement 55% et 59%) d'une part,

et chez les chômeurs et retraités marseillais (respectivement 66% et 69%) d'autre part. Dans la Cité Phocéenne, les retraités fréquentent nettement plus le petit commerce que les autres habitants. Sur les bords de la Garonne, leur comportement est similaire à la moyenne.

II-4 Utilisation des modes de transport pour les déplacements d'achat

Trois villes, trois modes de déplacement caractéristiques

Les deux principaux modes de transport utilisés par les particuliers dans leurs déplacements d'achat sont la voiture (en tant que conducteur ou passager) et la marche à pied (Tableau 2). Néanmoins, leur importance relative varie d'une ville à l'autre.

Tableau 2. Estimation de la répartition des déplacements d'achat par mode de transport

Mode	Bordeaux 1998	Int. Conf. 5%	Marseille 1997	Int. Conf. 5%	Dijon 1997	Int. Conf. 5%
Voiture	65%	[63%-67%]	48%	[46%-50%]	43%	[39%-47%]
Marche à pied	28%	[25%-31%]	44%	[42%-47%]	43%	[39%-47%]
Transport Collectif	4%	[1%-7%]	6%	[3%-10%]	11%	[6%-15%]
Autres	4%		2%		3%	
<i>Total</i>	<i>100%</i>		<i>100%</i>		<i>100%</i>	

NB : Les valeurs entre crochets indiquent l'intervalle dans lequel se trouve la valeur réelle (au seuil de confiance de 95%).

Source : d'après enquêtes ménages déplacements de Bordeaux 98, Marseille 97 et Dijon 97.

La marche à pied joue à égalité avec l'automobile à Dijon (43 %) et dans une moindre mesure à Marseille (44% contre 48%). En revanche, avec une part de 65%, la voiture reste reine dans l'agglomération bordelaise, et ceci au détriment de la marche à pied qui n'excède pas 28% des déplacements d'achat.

Pour le motif achat, la part de marché des transports collectifs reste faible (4% à Bordeaux, 6% à Marseille) à l'exception du District de Dijon, où environ un déplacement d'achat sur dix se ferait en transport en commun⁶.

Utilisation différenciée des modes de transport selon les structures commerciales fréquentées

Les parts modales présentées ci-dessus sont très variables selon le type de commerce fréquenté (Tableau 3). Aussi bien à Bordeaux qu'à Marseille, plus des trois quarts des déplacements d'achat en direction des hypers/supers et grands magasins sont réalisés en voiture particulière.

⁶ Compte tenu de la faiblesse des échantillons, les estimations concernant la part de marché des transports en commun sont à prendre avec précaution.

Tableau 3. Estimation de la répartition modale selon les différents motifs d'achat⁷
Achat en hypermarché, supermarché et grand magasin

Mode	Bordeaux 1998	Int. Conf. 5%	Marseille 1997	Int. Conf. 5%
Voiture	78%	[76%-80%]	76%	[73%-79%]
Marche à pied	15%	[10%-19%]	16%	[10%-22%]
TC	5%	[1%-9%]	6%	[1%-11%]
Autres	3%		2%	
<i>Total</i>	<i>100%</i>		<i>100%</i>	

Achat en petit et moyen commerce

Mode	Bordeaux 1998	Int. Conf. 5%	Marseille 1997	Int. Conf. 5%
Voiture	53%	[50%-56%]	35%	[32%-38%]
Marche à pied	39%	[36%-42%]	58%	[55%-61%]
TC	3%	[0%-6%]	5%	[1%-10%]
Autres	5%		2%	
<i>Total</i>	<i>100%</i>		<i>100%</i>	

NB : Les valeurs entre crochets indiquent l'intervalle dans lequel se trouve la valeur réelle (au seuil de confiance de 95%).

Source : d'après enquêtes ménages déplacements de Bordeaux 98 et Marseille 97.

A l'inverse, la marche à pied devient le mode dominant (58%) pour les petits et moyens commerces marseillais alors qu'elle avoisine 40% dans l'agglomération bordelaise. Dans ce dernier cas, bien que la voiture particulière reste majoritaire, la part de la marche à pied est nettement supérieure à la moyenne estimée sur l'ensemble des déplacements d'achat.

Concernant les déplacements en direction des marchés, il serait légitime de penser que les deux principaux modes sont la marche à pied et les transports collectifs⁸.

Des comportements modaux différents selon la position dans le cycle de vie, ...

L'évolution, selon l'âge, de la part des deux principaux modes⁹ (la voiture et la marche à pied) utilisés pour les déplacements liés aux achats laisse entrevoir des tendances comparables dans les comportements d'une agglomération à l'autre (Graphiques 6 et 7).

D'un point de vue schématique, plusieurs phases dans l'évolution des parts au cours du cycle de vie, peuvent être définies :

→ la première phase, dans laquelle la voiture particulière est peu utilisée au profit de la marche à pied, caractérise les écoliers, lycéens et jeunes étudiants avec une fréquentation importante des commerces de proximité ;

→ la seconde, marquée par une croissance de la part de la voiture au détriment de la marche à pied, concerne les personnes majeures en ascension économique. Le seuil à partir duquel la part de la voiture est maximale se situe vers l'âge de 40 ans (ce phénomène est moins étalé dans le temps à Dijon) ;

⁷ Le nombre observé de déplacements d'achat en marché couvert et de plein vent ne permet pas d'estimer de façon satisfaisante la part des différents modes pour cet item.

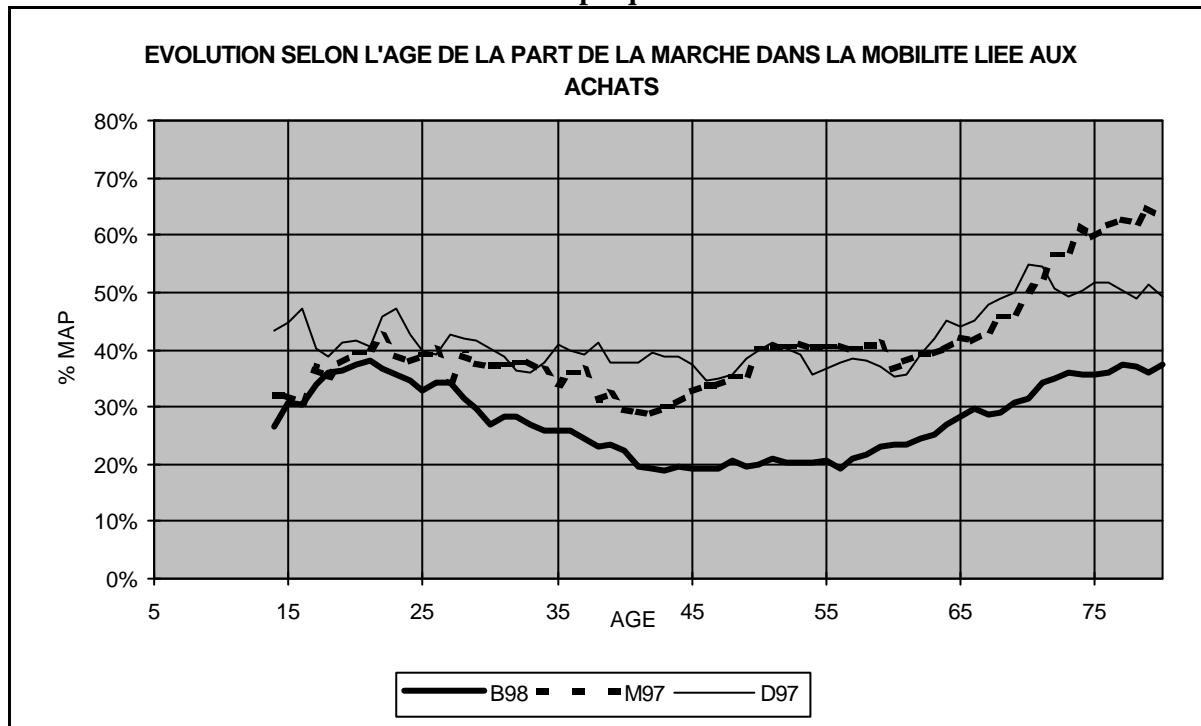
⁸ A Dijon où les items retenus pour le motif achat sont quelque peu différents, la part de la voiture est de 63% pour les déplacements « achat en grande surface » et de 29% pour les déplacements « achat autres commerces ». Pour la marche à pied, ces proportions sont respectivement de 25% et 55%.

⁹ L'échantillon des déplacements d'achat réalisés en transport en commun est trop peu important pour être pris en compte.

→ la troisième phase, correspondant à la deuxième partie de la vie active, se traduit par une stabilité des parts respectives de l'automobile et de la marche à pied. Ce comportement est lié aux contraintes professionnelles et familiales qui favorise un arbitrage prix-temps en faveur de la grande distribution ;

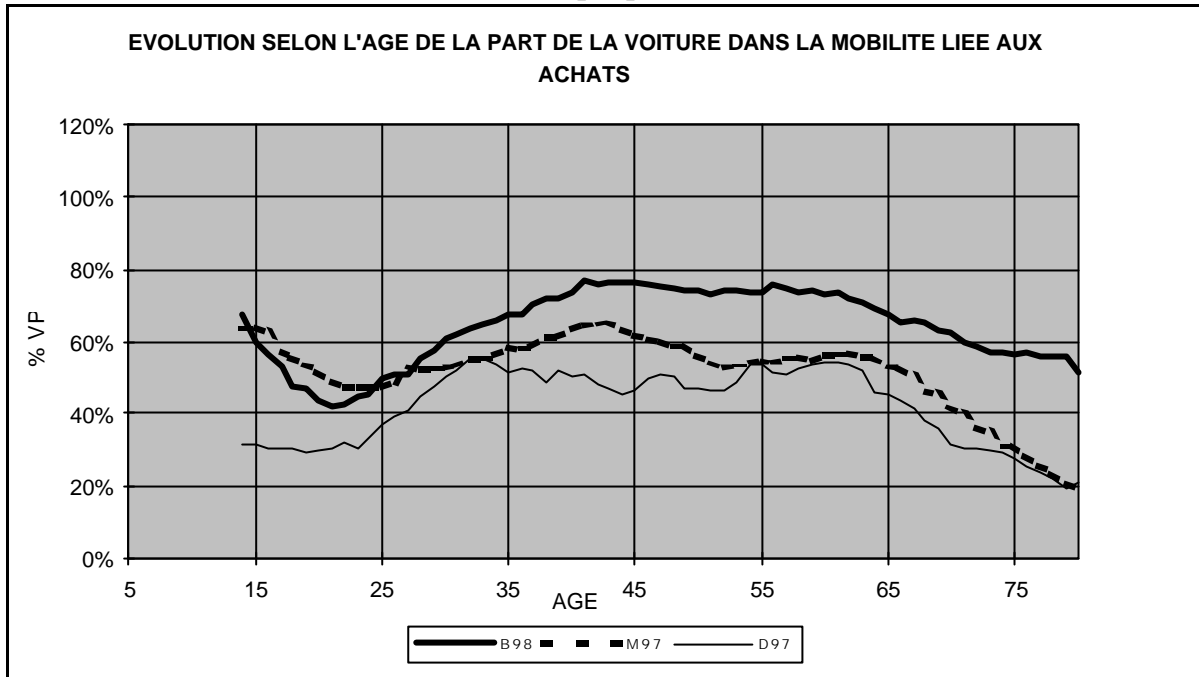
→ la quatrième phase se traduit par une forte croissance de la marche à pied au détriment de la voiture particulière à partir de 55 ou 60 ans. On constate ici un retour aux pratiques de proximité.

Graphique 6.



Source : d'après enquêtes ménages déplacements de Bordeaux 98, Marseille 97 et Dijon 97.

Graphique 7.



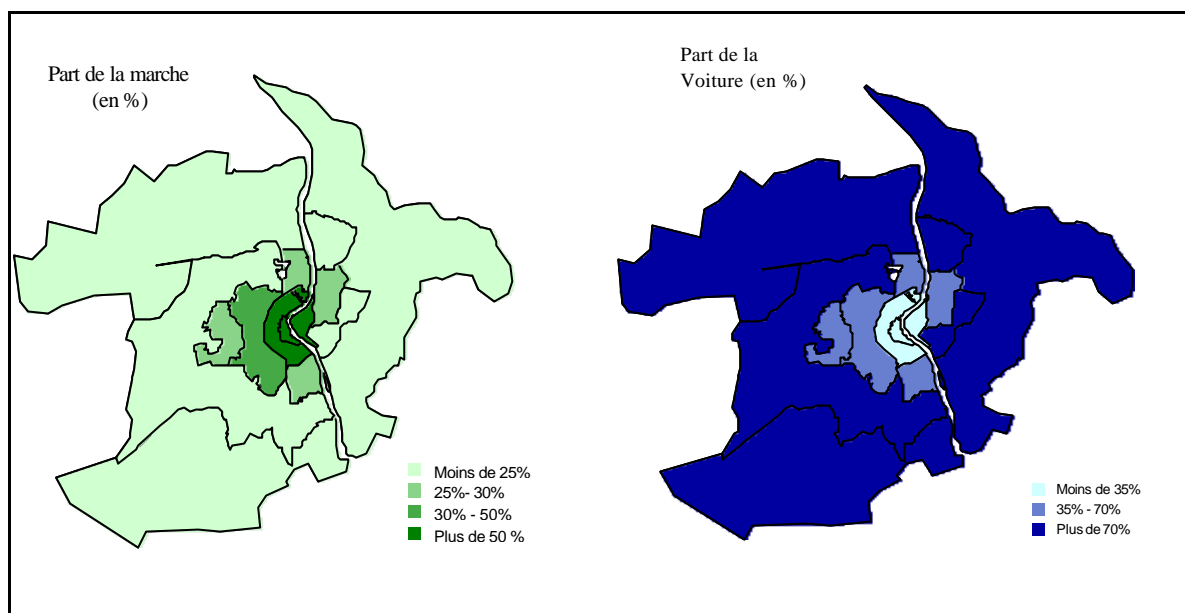
Source : d'après enquêtes ménages déplacements de Bordeaux 98, Marseille 97 et Dijon 97.

Les écarts modaux relatifs aux déplacements d'achat entre les classes d'âge s'expliquent davantage par l'évolution économique et sociale des personnes dans leur cycle de vie et par leur pratique des différents lieux d'achat que par les effets de génération sur le développement de l'usage de l'automobile.

... selon les secteurs de destination ...

L'utilisation des deux principaux modes de transport varie sensiblement selon les lieux où sont réalisés les achats : la marche à pied est le mode dominant dans les zones centrales puis sa part décroît rapidement au profit de l'automobile lorsque l'on s'en éloigne (la Carte 3 illustre ce constat dans le cas de l'agglomération bordelaise).

Carte 3. Part des déplacements d'achat effectués à pied et en voiture selon le secteur de destination (Agglomération de Bordeaux – Découpage en 6 secteurs)



Source : Enquête ménages déplacements Bordeaux 98.

Cette relation, observée sur les trois agglomérations étudiées, est à mettre en parallèle avec les densités d'habitats et d'équipements commerciaux, et la structure de l'appareil commercial des différents secteurs.

Concernant les transports en commun¹⁰, une étude du CECOD (Bouget, 1995) effectuée dans quatre villes de province (Amiens, Caen, Dijon et Metz) révèle que pour la mobilité liée aux achats, le centre-ville est l'aire d'action privilégiée des transports collectifs (TC), où ils atteignent des parts de marché non négligeables, proches de celles observées pour la marche à pied. Cette prééminence du centre-ville pour les déplacements d'achats effectués en TC est également confirmée par une étude du Comité de promotion des transports publics (CPTP, 1997).

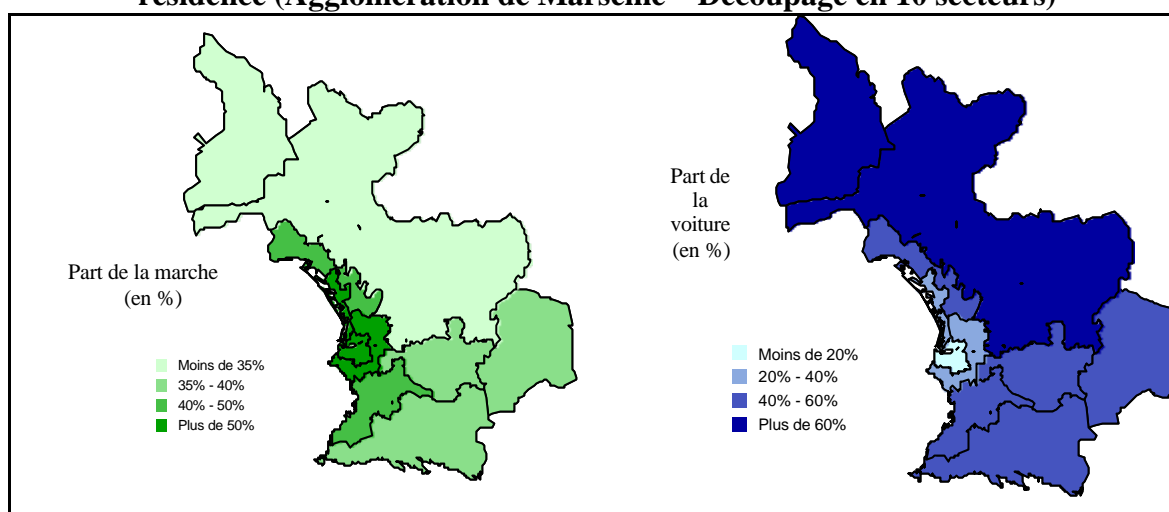
... et de résidence

La localisation du lieu de résidence des ménages a également une influence certaine sur les modes de transport utilisés pour les déplacements liés aux achats : plus on habite dans des zones peu denses, éloignées du centre de l'agglomération, plus on a recours à l'automobile, au détriment de la marche à pied, pour faire ses courses.

L'exemple de l'agglomération marseillaise (Carte 4) révèle en effet que les trois quarts des déplacements d'achat effectués par les habitants de l'hypercentre sont réalisés à pied contre environ 30% dans les secteurs Nord (quartiers Nord, Allauch, Septèmes-Les-Vallons, Les Pennes-Mirabeau, etc.) et de l'Etang de Berre (Marignane, Vitrolles, etc.)

¹⁰ Dans les trois agglomérations considérées, la taille de l'échantillon des déplacements d'achat effectués en transports collectifs est trop faible pour en permettre une analyse spatiale.

Carte 4. Part des déplacements d'achat effectués à pied et en voiture selon le secteur de résidence (Agglomération de Marseille – Découpage en 10 secteurs)



Source : Enquêtes ménages déplacements Marseille 1997.

II-5 Rythmes¹¹, durées et distances moyennes des déplacements d'achat

Deux pointes horaires : l'une en milieu de matinée, l'autre en fin d'après-midi

Au cours d'un jour moyen de semaine, les déplacements d'achat connaissent deux pointes horaires (Graphique 8) :

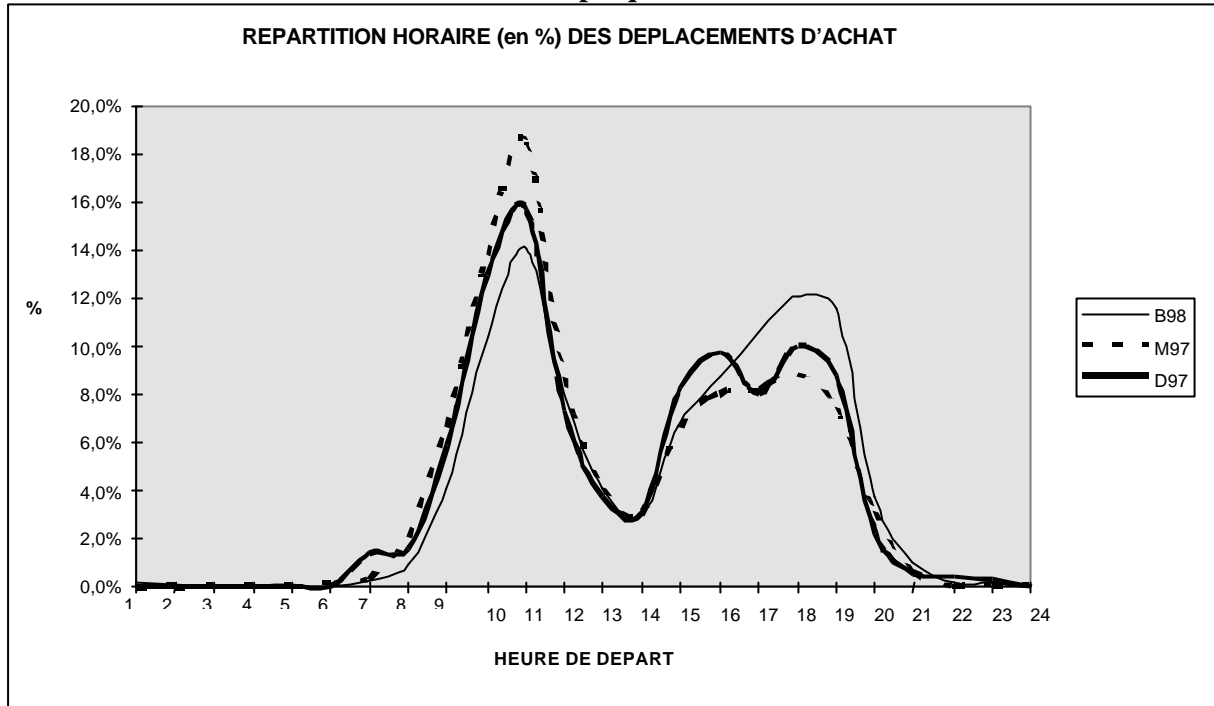
→ Une première, le matin entre 10h et 11h, très marquée, qui concentre entre 14% (Bordeaux) et près de 20% (Marseille) des déplacements ;

→ Une seconde, en fin d'après-midi entre 17h30 et 19h, beaucoup moins marquée, excepté à Bordeaux (12%).

La montée en puissance des déplacements d'achat est beaucoup plus rapide le matin que l'après-midi où ils sont plus étalés dans le temps. Ce constat prévaut pour les trois agglomérations. De la même façon, la mi-journée est marquée par un fort ralentissement des déplacements d'achat (entre 13h et 14h).

¹¹ L'analyse des rythmes temporels se fonde sur les heures de départ des déplacements d'achat.

Graphique 8.



Source : d'après enquêtes ménages déplacements de Bordeaux 98, Marseille 97 et Dijon 97.

A Marseille, les déplacements pour achat se répartissent exactement selon ce profil, avec une forte pointe le matin et un niveau moins soutenu et plus étalé l'après-midi. A Bordeaux, la répartition entre les deux pointes est moins déséquilibrée et inversée, une minorité des déplacements d'achat (38%) étant réalisée avant midi et une part plus importante se produisant en fin d'après-midi (18h-19h). A Dijon, la répartition se situe entre ces deux extrêmes (Tableau 4).

Tableau 4. Répartition horaire des déplacements d'achat selon la structure commerciale fréquentée

TYPE DE COMMERCE	Heure de départ	Bordeaux 98	Marseille 97	Dijon 97
Hyper, super, grand magasin	< 12 h	31%	32%	
	> 12 h	69%	68%	
Petit et moyen commerce	< 12 h	43%	57%	
	>12 h	57%	43%	
Marché couvert et de plein vent	<12 h	86%	82%	
	> 12 h	14%	18%	
MOYENNE	< 12 h	38%	50%	45%
	> 12 h	62%	50%	55%

Source : d'après enquêtes ménages déplacements de Bordeaux 98, Marseille 97 et Dijon 97.

Des rythmes variables selon les structures commerciales fréquentées

Les hyper/supermarchés et grands magasins sont essentiellement fréquentés l'après-midi (près de 70% à Marseille et Bordeaux). A l'inverse, plus de huit déplacements sur dix en direction

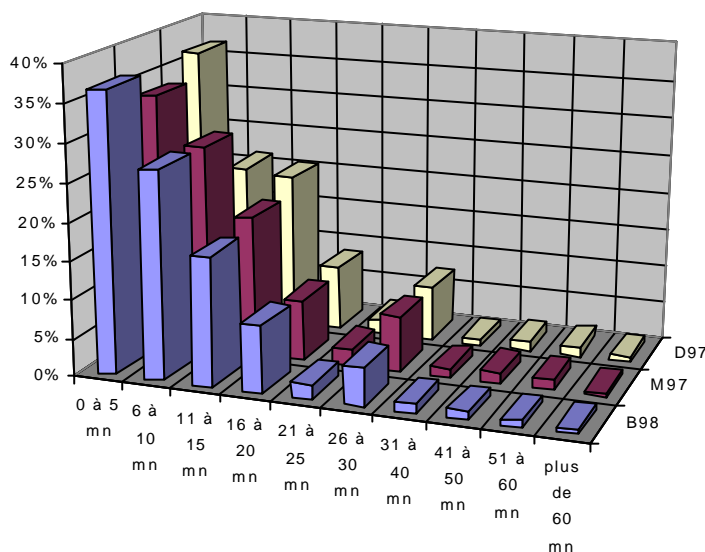
des halles et marchés ont lieu le matin. Quant aux petits et moyens commerces, ils sont majoritairement fréquentés le matin à Marseille (57%) et l'après-midi à Bordeaux (57%)¹².

Des déplacements de courtes durées, en particulier en direction des petits commerces

Sur l'ensemble des trois agglomérations, la durée¹³ moyenne d'un déplacement d'achat tous modes confondus est d'environ 13 mn. Toutefois, comme le montre le graphique 9, la majorité de ces déplacements est inférieure à 10 mn et seuls 4% d'entre eux dépassent 30 minutes.

Graphique 9.

REPARTITION DES DEPLACEMENTS POUR ACHAT SELON LA DUREE (en mn)



Source : d'après enquêtes ménages déplacements de Bordeaux 98, Marseille 97 et Dijon 97.

Lorsque l'on considère les structures commerciales fréquentées, il apparaît que les petits commerces génèrent les déplacements les plus courts (près de 70% durent moins de 10 mn). Ce constat est vrai aussi bien à Bordeaux qu'à Marseille (Tableau 5).

Tableau 5. Répartition des déplacements pour achat selon la durée et les différents motifs d'achat (motif à destination)

DUREE	Hyper, super et grands magasins		Petits et moyens commerces		Marchés couverts ou de plein vent	
	B98	M97	B98	M97	B98	M97
5 mn et moins	27%	22%	46%	39%	25%	24%
6 à 10 mn	31%	26%	23%	28%	26%	38%
11 à 15 mn	20%	23%	14%	15%	25%	24%
16 à 30 mn	18%	23%	14%	14%	22%	11%
Plus de 30 mn	4%	5%	3%	4%	3%	3%

¹² A Dijon, 67% des déplacements « achat en grande surface » et 47% des déplacements « achat autres commerces » se font l'après-midi.

¹³ Les durées déclarées dans les enquêtes ménages déplacements décrivent des temps porte-à-porte.

Source : d'après enquêtes ménages déplacements de Bordeaux 98 et Marseille 97.

Les hypermarchés et supermarchés sont en revanche atteints en moins de 10 mn près de six fois sur dix à Bordeaux alors qu'à Marseille cette proportion est de près d'une fois sur deux (48%). En outre, une part non négligeable des trajets en direction des grandes surfaces est relativement longue puisqu'ils sont d'au moins 20 mn dans 22% des cas à Bordeaux et dans 28% des cas à Marseille.

Des durées influencées par le mode

Dans les trois agglomérations, le mode utilisé influence de la même façon la durée moyenne des déplacements d'achat (Tableau 6). Ces derniers sont en moyenne de 10 mn lorsqu'ils sont réalisés à pied et de 25 mn en transports en commun. Quant aux déplacements réalisés en voiture, ils sont de l'ordre du quart d'heure (un peu moins à Bordeaux).

Tableau 6. Exemples de durées moyennes d'un déplacement d'achat selon le mode utilisé (motif à destination)

MODE	DUREE MOYENNE (en mn)		
	B98	M97	D97
Voiture	12,5	14,8	14,8
Marche à pied	11	10	9,8
Transport Collectif	25	26	22,5
MOYENNE	12,5	13,4	13,5

Source : d'après enquêtes ménages déplacements de Bordeaux 98, Marseille 97 et Dijon 97.

Des distances parcourues très différentes d'une agglomération à l'autre et variables ...

Si la durée moyenne d'un déplacement d'achat reste constante d'une ville à l'autre, il n'en est pas de même pour les distances moyennes parcourues.

Ainsi, la longueur moyenne d'un déplacement d'achat tous modes confondus est de 7,3 km à Bordeaux, 4,2 km à Marseille et de seulement 2,9 km à Dijon¹⁴ (Tableau 7). Ces valeurs moyennes cachent toutefois des différences, similaires dans les trois agglomérations, lorsque l'on prend en compte certaines caractéristiques des déplacements.

... selon la structure commerciale fréquentée ...

Dans tous les cas, ce sont les grandes structures commerciales (hyper, super, grand magasin) qui génèrent les déplacements d'achat les plus longs : + 45% par rapport à la distance moyenne à Marseille, + 34% à Dijon, + 20% à Bordeaux, soit respectivement 6,1 km, 3,9 km et 8,8 km.

A l'inverse, les déplacements en direction des petits et moyens commerces sont approximativement plus courts de 20% par rapport à la distance moyenne, et cela aussi bien à Bordeaux, Marseille ou Dijon.

¹⁴ Distances calculées en prenant en compte le motif à destination et les données issues des réseaux DAVIS, pour Bordeaux et Dijon, et OPERA, pour Marseille, sur la base du découpage des enquêtes « Transports de Marchandises en Ville ». Les distances intra-zonales ont été approchées en utilisant l'estimateur le plus probable : $D_{ii} = \frac{1}{2} * (\text{Surface de la zone})^{1/2}$.

Tableau 7. Distances moyennes des déplacements d'achat (motif à destination)

DISTANCE MOYENNE (km)	MARSEILLE 1997	BORDEAUX 1998	DIJON 1997
Déplacement achat	4,2	7,3	2,9
vers hyper/super/grand magasin (vers grand magasin pour Dijon)	6,1	8,8	3,9
Vers petit et moyen commerces (vers autres commerces pour Dijon)	3,3	5,9	2,3
vers marché couvert ou de plein vent	3,3	6,6	
Voiture particulière ¹⁵	6,1	9,3	4,3
Transports en commun	4,1	7,1	3,7
Origine = Domicile	4,3	6,9	3
Origine = Travail	4,7	9,9	3,8
Origine = Autres	3,9	7,2	2,4

Sources: d'après enquêtes ménages déplacements Bordeaux 98, Marseille 97 et Dijon 97. Calculs effectués à partir des données issues du réseau DAVIS pour Bordeaux et Dijon et du réseau OPERA pour Marseille.

... selon le mode utilisé ...

De la même façon, si l'on considère les modes de déplacement, il apparaît que dans les trois cas, les distances parcourues pour faire des achats sont en moyenne plus longues de deux kilomètres lorsque les déplacements se font en voiture. Hormis à Dijon, les achats effectués en transport en commun génèrent des distances parcourues proches de la moyenne.

... et selon le motif à l'origine.

Il semblerait que la longueur des déplacements d'achat soit corrélée avec le motif à l'origine. A Bordeaux et Dijon notamment, de tels déplacements réalisés à partir du lieu de travail sont nettement plus longs que ceux issus du domicile ou d'un autre motif. Dans ces deux derniers cas, les distances parcourues sont proches des valeurs moyennes.

II-6 Les chaînes de déplacements liées aux achats

Des déplacements d'achats très largement liés au domicile

Que l'on soit à Bordeaux, Marseille ou Dijon, la répartition des chaînes de déplacements liées aux achats reste sensiblement la même (Tableau 8).

Ainsi, dans plus de 70% des cas, les déplacements d'achats sont en liaison directe avec le domicile (origine ou destination). La structure commerciale fréquentée ne remet pas en cause ces ordres de grandeur.

¹⁵ Les déplacements d'achat effectués à pied ne sont pas pris en compte dans la mesure où ce sont des déplacements très courts, le plus souvent intra-zonaux. En effet, cela oblige à utiliser la formule de l'estimateur le plus probable de la distance intra-zonale pour les calculer et donc à fortiori les surestimer pour les zones relativement vastes.

Tableau 8. Répartition des chaînes de déplacements liés aux achats en fonction du motif à destination et à l'origine (sans distinction de sens)

CHAINE ACHATS	Bordeaux 98	Marseille 97	Dijon 97
HA ⇔ DOMI	71%	71%	74%
HA ⇔ TRAV	7%	6%	7%
HA ⇔ ECOL	2%	1%	1%
HA ⇔ HA	5%	5%	4%
HA ⇔ SERV	5%	4%	4%
HA ⇔ LOIS	6%	6%	5%
HA ⇔ ACCT	4%	5%	4%
HA ⇔ AUTR	1%	1%	1%

ACCT : Accompagnement, AUTR : Autres, DOMI : Domicile, ECOL : Ecole, HA : Achats, LOIS : Loisirs, SERV : Service, TRAV : Travail.

Source : d'après enquêtes ménages-déplacements de Bordeaux 98, Marseille 97 et Dijon 97.

Des chaînes de déplacements liés aux achats caractéristiques de certains statuts

D'une agglomération à l'autre, les caractéristiques des chaînes de déplacements liées aux achats semblent étroitement associées aux statuts socioprofessionnels¹⁶.

Ainsi, en toute logique, les pratiques d'achats des retraités, des autres inactifs (essentiellement des femmes au foyer) et des chômeurs sont principalement liées au domicile : respectivement 80%, 75% et 73% (Tableau 9).

Tableau 9. Répartition des chaînes de déplacements liées aux achats selon le statut (motif à destination et à l'origine, sans distinction de sens - Marseille 97)

CHAINE ACHATS	ACTI	AUTRIN	CHOM	ECOL	ETUD	RETR
HA ⇔ DOMI	61%	75%	73%	64%	59%	80%
HA ⇔ TRAV	20%	0%	0%	0%	1%	0%
HA ⇔ ECOL	0%	0%	0%	13%	14%	0%
HA ⇔ HA	3%	6%	3%	2%	3%	8%
HA ⇔ SERV	3%	4%	5%	6%	5%	3%
HA ⇔ LOIS	5%	7%	10%	13%	16%	5%
HA ⇔ ACCT	6%	8%	8%	2%	2%	3%
HA ⇔ AUTR	1%	1%	1%	0%	0%	1%

ACCT : Accompagnement, AUTR : Autres, DOMI : Domicile, ECOL : Ecole, HA : Achats, LOIS : Loisirs, SERV : Service, TRAV : Travail.

Source : d'après enquête ménages déplacements Marseille 97.

En revanche, la mobilité d'achat des actifs, des écoliers et des étudiants est un peu moins polarisée autour du domicile : 20% des déplacements d'achat des actifs sont liés à leur travail contre 61% à leur domicile, 13 à 14% des déplacements d'achats des écoliers et des étudiants sont liés à leur lieu d'étude contre respectivement 64% et 59% au domicile.

Finalement, de ce point de vue, les profils d'achat des actifs et écoliers/étudiants sont assez proches. Cependant, les actifs lient plus leurs déplacements d'achat à des pratiques d'accompagnement que les écoliers/étudiants (6% contre 2%). A l'inverse, les

¹⁶ Les proportions citées à titre d'illustration dans les lignes qui suivent concernent uniquement l'agglomération marseillaise. Elles sont sensiblement identiques à Bordeaux et Dijon.

écoliers/étudiants associent davantage leurs déplacements d'achat aux lieux de loisirs (13% et 16% contre 6% et 5%).

II-7 « Tendances lourdes » et spécificités locales de la mobilité liée aux achats

A partir de cette comparaison de la mobilité liée aux achats dans trois agglomérations de taille différente, nous pouvons déjà mettre en lumière un certain nombre d'éléments qui semblent relever de « tendances lourdes » (invariants) et d'autres qui semblent être liés au contexte local.

Les tendances lourdes de la mobilité d'achats :

- 1/ Un déplacement sur dix a pour finalité un acte d'achat ;
- 2/ Constance dans la composition des chaînes de déplacements liés aux achats ;
- 3/ Invariance de la durée moyenne des déplacements d'achat ;
- 4/ Relation entre la mobilité liée aux achats et la position dans le cycle de vie ;
- 5/ Influence de la position dans le cycle de vie sur le partage modal ;
- 6/ Relation entre la mobilité liée aux achats et le statut socioprofessionnel ;
- 7/ Relation entre le secteur de destination et le mode de transport utilisé ;
- 8/ Relation entre la localisation du lieu de résidence et le mode de transport utilisé ;
- 8/ Relation entre la longueur moyenne d'un déplacement d'achat et le type de commerce fréquenté ;
- 9/ Relation entre la longueur moyenne d'un déplacement d'achat et le mode utilisé ;
- 10/ Relation entre la longueur moyenne d'un déplacement d'achat et le motif à l'origine.

Spécificités de la mobilité d'achat liées au contexte local :

- 1/ Répartition différente des déplacements d'achat selon les structures commerciales ;
- 2/ Evolution contrastée de la mobilité liée aux achats dans les différents types de commerce en fonction de la position dans le cycle de vie ;
- 3/ Répartition modale différente pour les déplacements d'achat ;
- 4/ Distances moyennes parcourues pour faire des achats fortement contrastées.

III LES ECHANGES DE MARCHANDISES ENTRE LES ETABLISSEMENTS

Nous rappelons tout d'abord les principaux acquis des enquêtes nationales de Bordeaux, Dijon et Marseille. Sur ces trois villes, les enquêtes ont permis de collecter des informations auprès de 4 300 établissements décrivant 11 600 types d'opérations de livraison ou d'enlèvement et de retranscrire les parcours effectués par 2 200 chauffeurs. Une présentation plus détaillée de ces résultats peut être consultée dans : LET, Gérardin Conseil (2000), « *Diagnostic du Transport de Marchandises dans une agglomération* », chapitres 1 et 2 (pp. 7-29), distribution CERTU..

- On estime à 1 le nombre moyen d'opérations de livraison ou d'enlèvement effectuées par emploi en une semaine.
- Les trois quarts des parcours sont effectués en trace directe, mais ceux-ci ne réalisent que le quart des opérations de livraison ou d'enlèvement.
- Le nombre moyen d'établissements desservis dans un parcours¹⁷ est de 5, alors que les entreprises de transport en effectuent environ 8, le compte propre expéditeur 6 et le compte propre destinataire 2.
- Le compte propre est prédominant (notamment dans les grandes villes) avec 37% des opérations effectuées par les expéditeurs et 19% par les destinataires. Le compte d'autrui représente donc moins de la moitié du total des opérations.
- Plus de la moitié des opérations est effectuée par des véhicules de moins de 3,5 tonnes de PTAC.
- La moitié des opérations est effectuée sans moyen de manutention.
- L'heure de pointe du matin est située partout entre 10 et 11 heures, correspondant à l'ouverture des magasins. Celle de l'après-midi, plus étale, se situe entre 15 et 17 heures.

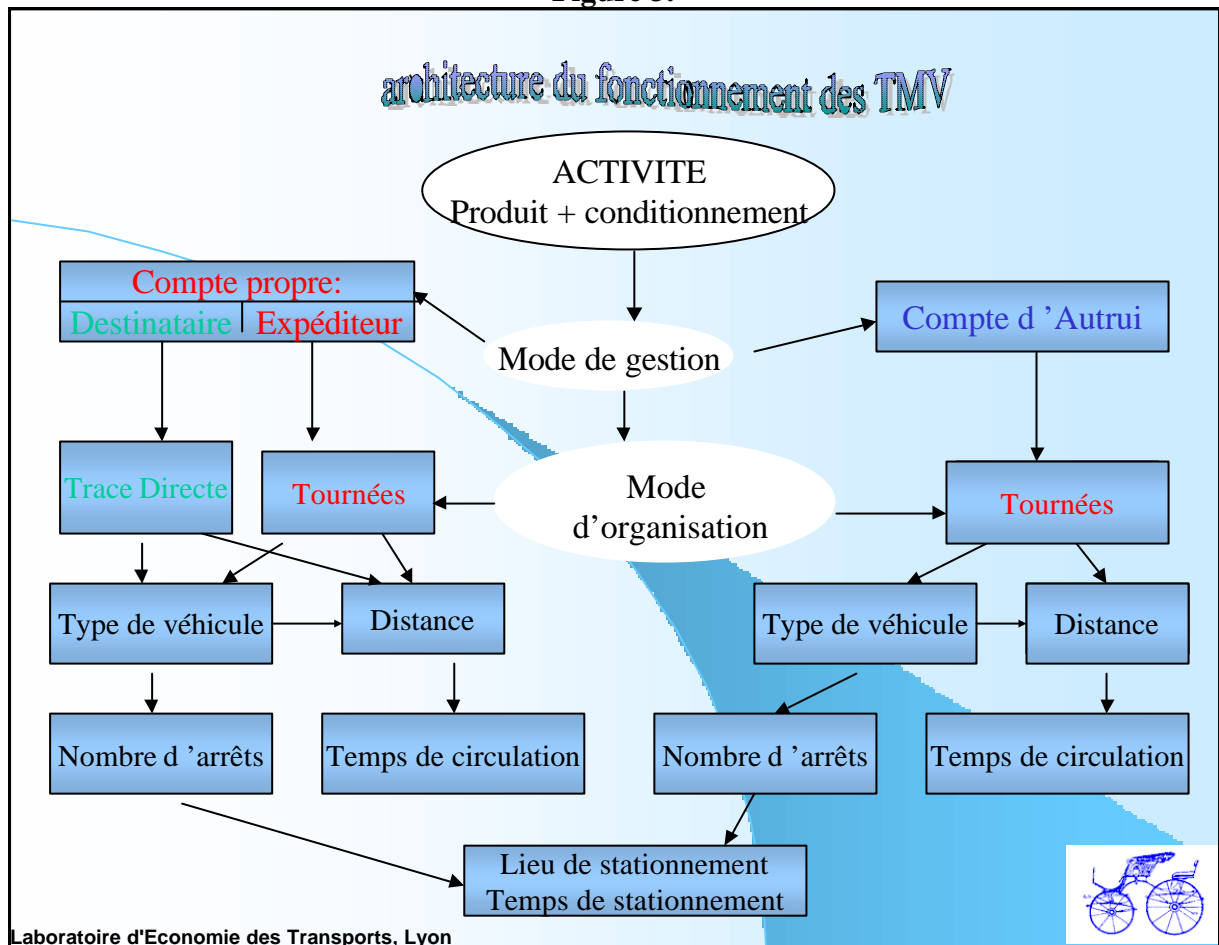
Ces constats considérés aujourd'hui comme des invariants, sont le résultat de comportements stables à court terme des différents acteurs économiques du système. En voici les principales fonctions caractéristiques :

- Le type d'activité de chaque établissement, son nombre d'emplois, la nature du local et son appartenance à un groupe conditionnent le nombre d'opérations de livraison et enlèvement.
- Le mode de gestion du transport (compte propre expéditeur, destinataire et compte d'autrui), le type de véhicule, le type de parcours (tournées de différentes tailles, traces directes) sont liés à l'activité des établissements et donc au nombre d'opérations générées.
- La durée de stationnement dépend du type de véhicule et du nombre d'arrêts de la tournée.
- Le kilométrage parcouru entre deux arrêts dépend également du nombre d'arrêts de la tournée, mais aussi de la densité d'activité de l'espace environnant chaque établissement.
- Le profil horaire des activités de livraison dépend du type d'activité desservie.

Ces grandes caractéristiques permettent de construire le diagramme fonctionnel suivant, qui décrit les principales relations entre les activités économiques, l'organisation logistique et la mesure des flux qui ont servi dans l'élaboration du modèle FRETURB :

¹⁷ Nous désignons par parcours, la séquence d'opérations de livraison et/ou d'enlèvement réalisés par un camion de son point de départ à son point de retour. Un parcours est soit une trace directe soit une tournée (Cf. glossaire).

Figure 3.



Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon

Sources : Patier, 2000, pp. 125-144

IV LES ENJEUX DE METHODE

IV-1 La nécessité d'une approche spécifique de l'approvisionnement des ménages

Le programme national « Marchandises en Ville » intègre dans sa problématique les déplacements réalisés par les consommateurs pour effectuer des achats, dans la mesure où ils relèvent du transport de marchandises en ville, essentiel pour la vie de la cité. En effet, de la même façon que les établissements économiques, les individus consomment des biens et services pour lesquels ils doivent s'approvisionner. Tout comme une entreprise qui va elle-même chercher les marchandises dont elle a besoin pour mener à bien son activité de production et/ou de vente, les consommateurs se déplacent pour enlever leurs achats. Vus sous cet angle, les déplacements d'achat s'apparentent clairement à un transport de fret, en l'occurrence de biens de consommation, en aval de l'activité d'approvisionnement des commerces et en direction du domicile des consommateurs.

Outre leur importance relative, l'intérêt d'intégrer les flux d'auto approvisionnement des ménages dans l'élaboration d'un modèle de simulation des transports de marchandises en ville réside dans la possibilité de disposer, *in fine*, d'un outil pratique d'aide à la décision en matière d'urbanisme commercial. Ainsi, à travers la prise en compte de ces déplacements, il s'agit d'aboutir à un outil permettant de juger de l'efficacité « environnementale » de différents scénarii (modification spatiale et/ou organique du tissu commercial) en évaluant simultanément les flux générés en amont et en aval de l'appareil commercial. De cette façon, il est possible d'apporter des éléments à une réflexion globale sur le commerce et la ville en prenant en compte trois thématiques qui ne devraient pas être dissociées : l'approvisionnement des surfaces de vente, les déplacements des consommateurs, l'urbanisme commercial.

Considérer les déplacements d'achat des citoyens-consommateurs comme du transport de marchandises en ville et remplir les objectifs impartis en termes de simulation appellent un certain nombre de précisions d'ordre méthodologique quant à l'élaboration dans le modèle FRETURB d'un module consacré à ces flux spécifiques. Ces précisions portent à la fois sur ce que l'on cherche à estimer (les déplacements d'achat, qu'ils soient exprimés en flux de personnes, de véhicules ou en véh.-km), sur la démarche de modélisation proprement dite ainsi que sur les données sur lesquelles elle s'appuie.

Les déplacements d'achat : quelle définition ?

Idéalement, la modélisation des déplacements d'achat doit notamment permettre une comparaison d'une part, des flux générés par les marchandises qui entrent dans les commerces pour approvisionnement et d'autre part, des flux que ces mêmes marchandises vont générer une fois vendues, lorsque les particuliers les ramènent sur le lieu de leur consommation finale. Ceci a une double conséquence sur la définition qu'il convient de retenir pour les déplacements d'achat.

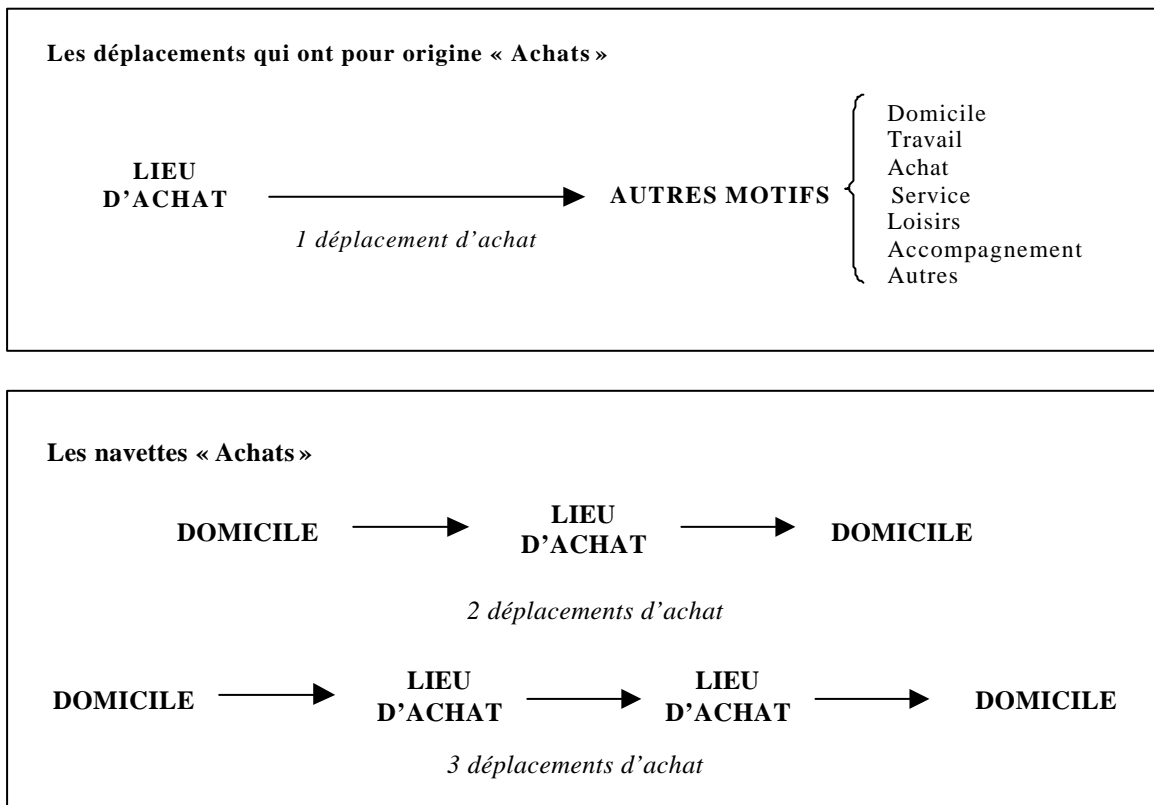
En premier lieu, l'activité qui est à l'origine des déplacements que nous prenons en compte correspond à la réalisation d'un acte d'achat dans un magasin. Elle ne se résume donc pas à la fréquentation d'une surface de vente. En effet, le service rendu par le commerce aux clients ne se réduit pas à un simple rôle d'approvisionnement de ceux-ci, de satisfaction d'un besoin

d'achat immédiat. Les commerces ont d'autres fonctions : rôle d'information au sujet des articles, de comparaison des produits, etc. Bien que l'on puisse penser que la fréquentation des surfaces de vente motivée par ces diverses fonctions et sans finalité d'achat immédiate génère de nombreux déplacements, ces derniers ne sont pas pris en compte dans la démarche de modélisation, dans la mesure où ils ne sont pas imputables à l'enlèvement d'une marchandise.

La deuxième conséquence réside dans la définition du déplacement. Traditionnellement, un déplacement est défini par rapport à son but : l'activité, i.e. le motif à destination. Cette approche standard, retenue par le CERTU, est celle utilisée dans la partie de cet ouvrage présentant quelques traits de la mobilité d'achat dans trois agglomérations françaises. Est-elle pour autant cohérente avec les objectifs de la modélisation : estimer l'ensemble des flux générés par les particuliers pour leur auto approvisionnement ? Un simple exemple permet d'illustrer que non. En effet, l'approche classique conduit à dénombrer dans une chaîne du type « domicile-achat-achat-domicile » deux déplacements d'achat, alors que l'intégralité des déplacements composant cette boucle sont imputables aux achats. Afin de rétablir une définition cohérente avec les objectifs poursuivis et une lisibilité en termes de logique d'approvisionnement urbain, c'est l'ensemble des déplacements suivants qui ont été retenus sous l'appellation « déplacement d'achat » :

- les déplacements qui ont pour origine un achat effectif, i.e. les déplacements qui suivent l'enlèvement auprès des commerces des produits achetés. C'est en effet au retour de l'achat que le particulier transporte de la marchandise ;
- les déplacements « domicile-achat », seulement s'ils sont suivis d'un déplacement « achat-domicile » ou d'une chaîne du type « achat-achat-domicile ».

Figure 4. Les déplacements pris en compte dans la modélisation des flux d'achat



Une telle définition permet de prendre en compte l'intégralité des navettes « domicile-achat-domicile », mais aussi les déplacements « achat vers autre motif » et seulement ceux-là lorsqu'ils sont réalisés dans une chaîne de déplacements hybride. Ainsi, par exemple dans une chaîne du type « domicile-travail-achat-domicile », il n'est tenu compte que de la séquence « achat-domicile ». Le déplacement « travail-achat » n'est pas pris en compte dans la mesure où l'on peut considérer que ce trajet est essentiellement imputable au motif travail. De plus, une telle définition rejoint la logique « transport de marchandises en ville » stipulant que la contribution à l'allongement d'un parcours dans une tournée par un établissement générateur est la longueur d'un trajet et non de deux.

La démarche de modélisation

Les enquêtes auprès des ménages permettent, nous l'avons constaté, de mettre en évidence d'assez grandes différences d'une ville à l'autre. Il devient alors plus difficile que pour les échanges entre établissements économiques d'énoncer des règles de comportement indépendantes de la ville.

Cependant, certaines variations d'une ville à l'autre entre la fréquentation des différents types de commerce et des modes de transport utilisés semblent liées aussi bien à la nature ou la densité de l'offre commerciale qu'à la composition de la demande (statut, classe d'âge et localisation des consommateurs). De plus, si la durée des déplacements est sensiblement identique d'une ville à l'autre, la longueur des déplacements d'achat est sensible à la densité urbaine.

De cette première analyse, il ressort donc que l'on connaît assez bien les déterminants individuels de la demande de déplacements d'achat, mais que l'on connaît peu l'influence de l'offre. En particulier, il s'agit de trouver les réponses aux questions suivantes :

- dans quelle mesure la répartition de la demande vers le petit commerce ou la grande distribution est-elle liée à l'offre ?
- dans quelle mesure la répartition modale des déplacements d'achat (marche à pied, VP, TC) est-elle liée à la nature des commerces, à leur densité, à leur localisation ?

Pour tenter de répondre à ces questions, il convient de mettre en rapport l'urbanisme commercial de chaque agglomération avec les caractéristiques des consommateurs. Une analyse fine des commerces (types d'activité, taille du commerce, surface commerciale, localisation) devrait permettre de répondre à ces questions.

Dans le cas présent, les deux objectifs poursuivis par l'élaboration d'un module opérationnel relatif aux déplacements d'achat sont d'une part, de réaliser une estimation spatialisée des flux d'auto approvisionnement des ménages et d'autre part, de rendre sensible une telle évaluation quantitative aux caractéristiques de l'offre commerciale. Ces dernières doivent donc aussi être intégrées dans le modèle comme éléments explicatifs des déplacements liés à l'approvisionnement des particuliers.

Traditionnellement, dans le domaine des transports, lorsque l'on se réfère aux déplacements d'achat, il est possible de distinguer deux grandes approches en termes de modélisation.

La première, classique, répond à la philosophie des enquêtes ménages-déplacements (CERTU, 1998). Si ces dernières apportent des informations sur les comportements de déplacement tout autant que sur les flux eux-mêmes, elles recueillent également des données

socio-économiques sur les personnes interrogées. A partir de telles données agrégées, il est alors possible de déduire des "lois de comportement" liées aux caractéristiques des zones. Ce sont ces lois qui permettent de faire fonctionner les modèles classiques à quatre étapes (génération des déplacements, distribution spatiale des flux, répartition modale et affection sur les réseaux). Cette démarche de modélisation est axée sur la demande de transport et ne prend en compte, en général, que de façon simplifiée et agrégée les caractéristiques d'offre des zones. Si de tels modèles sont effectivement capables d'estimer correctement une matrice origine-destination, ils ne sont pas destinés à apporter des éléments explicatifs quant à l'influence de l'offre commerciale d'une ville sur les déplacements qui y sont réalisés. D'autre part, dans le domaine des déplacements d'achat, les modèles classiques de type gravitaire sont essentiellement utilisés pour évaluer le trafic au niveau d'un générateur particulier et non à l'échelle d'une agglomération tout entière (voir par exemple CETE/DDE du Rhône, 1996).

Dans le but de pallier les déficiences des modèles agrégés, une seconde approche de modélisation s'est développée. Elle s'appuie sur la compréhension des processus qui sont à la base de la prise de décision du consommateur. Ces modèles désagrégés essaient de décrire le comportement même de l'individu, en traduisant les comportements en probabilité de choisir une alternative plutôt qu'une autre. Dans le cas des déplacements d'achat, sur la base de fonctions intégrant à la fois les caractéristiques de l'appareil commercial (type de commerce, taille, accessibilité, distance, etc.) et des caractéristiques personnelles (âge, sexe, revenu, localisation du lieu d'habitat, etc.), il est possible de déterminer la probabilité qu'un individu fréquente tel type de commerce situé dans tel quartier en utilisant tel ou tel mode de transport. Sur les aspects théoriques de cette approche, voir par exemple THILL J-C & TIMMERMANS H., 1992.

Contrairement aux modèles classiques, cette approche prend en compte explicitement et de façon relativement fine les composantes de l'offre commerciale dans les comportements d'achat des consommateurs. Toutefois, son opérationnalité se heurte à un problème important : celui de la production/disponibilité de la donnée¹⁸ sur laquelle elle s'appuie. La mise en œuvre de ces modèles nécessite une abondance de données dont on ne dispose pas, ou la réalisation d'enquêtes lourdes et spécifiques. C'est pourquoi cette démarche de modélisation a le plus souvent été appliquée à des cas relativement simples : choix de centres commerciaux par les résidents d'une agglomération pour réaliser leurs achats alimentaires par exemple. C'est à ce titre, outre le fait qu'elle reste essentiellement qualitative, que cette approche ne peut pas être utilisée dans le cas présent pour l'élaboration du module FRETURB consacré à l'ensemble des flux d'auto approvisionnement des ménages.

Dans le cadre des transports de marchandises, le fait que les deux grandes approches théoriques, présentées ci-dessus, ne permettent pas de répondre aux objectifs impartis, a conduit à la détermination d'une approche spécifique pour la modélisation des déplacements d'achat.

Dans les deux cas évoqués, la compréhension et l'estimation des flux urbains restent clairement déséquilibrées au bénéfice des ménages, des individus (agrégés ou non). Or, les caractéristiques des déplacements (volume, nature, longueur, etc.) dépendent aussi de la structure urbaine, de l'agencement urbain, dont les acteurs sont aussi bien les ménages que les entreprises ou les institutions. Concrètement, cette vision conduit à l'idée selon laquelle la modélisation doit être faite à partir de la ville. Autrement dit, il faut abandonner l'idée que

¹⁸ ensemble des données structurées sur lesquelles repose l'analyse et le modèle FRETURB

tout procède de l'individu et de ce fait, redonner une place équivalente à l'entreprise, à l'établissement commercial.

Partant de cette idée, le modèle consacré à l'auto approvisionnement des ménages comprend deux entrées : l'une, principale, intégrant certains éléments caractéristiques de l'appareil commercial et de son organisation spatiale ; la seconde, moins importante, rendant compte de certains attributs socio-économiques et spatiaux des consommateurs. La mise en relation de ces variables permet une évaluation quantitative des déplacements d'achat, rendant compte directement de l'influence des qualités de l'appareil commercial sur les modalités de réalisation des achats, et permettant ainsi de rendre le modèle sensible à divers scénarii d'urbanisme commercial.

Par ailleurs, l'importance accordée à la structure commerciale (définie à travers les caractéristiques des établissements commerciaux) dans l'évaluation et la compréhension des flux d'achat rend compatible cette approche méthodologique avec celle retenue pour les flux inter-établissements, où rappelons-le, l'établissement économique est au cœur de l'exercice de modélisation. L'objectif de pouvoir, à terme, évaluer conjointement les flux en amont et en aval des commerces d'une zone devient alors possible.

La donne statistique

Compte tenu des orientations prises pour la modélisation des déplacements d'achat, il est nécessaire de disposer pour chaque agglomération étudiée d'informations tant qualitatives que quantitatives sur les flux d'auto approvisionnement des ménages et sur l'appareil commercial.

Si pour les flux inter-établissements des enquêtes lourdes ont été réalisées, avec une méthodologie spécifique, en vue de « nourrir » un modèle déjà conceptualisé, il n'en est rien pour les flux d'auto approvisionnement des ménages. Comme déjà mentionné, la seule source de données directement et facilement exploitable pour l'étude des déplacements d'achat et le calage du modèle est constituée par les enquêtes ménages-déplacements. De plus, ces dernières ont le double avantage d'être réalisées selon une méthodologie standard et ce dans la plupart des agglomérations françaises. Cependant, le fait que ces enquêtes n'aient pas été conçues pour répondre aux objectifs de modélisation des déplacements d'achat tels qu'ils ont été exposés précédemment, appelle un certain nombre de précisions quant aux estimations fournies par le modèle :

- Au sens des enquêtes ménages le motif « achat » correspond aux déplacements liés à un acte d'achat ou à des dépenses de services tel que l'entretien ou la réparation de véhicule, le coiffeur, la pharmacie, le vétérinaire, etc. Ce sont les déplacements suscités par ces activités qui sont pris en compte bien qu'il n'y ait pas déplacement de marchandises pour les dépenses de services ;
- Seuls sont pris en compte les déplacements réalisés par les habitants de l'aire d'étude des enquêtes ménages. Autrement dit, il n'est pas possible d'évaluer l'ensemble des déplacements d'achat générés par l'activité commerciale d'une agglomération. En effet, certaines zones commerciales ont une attraction qui dépasse largement les limites de l'aire d'étude. Néanmoins dans certains cas, cette difficulté peut être contournée en intégrant aux données de l'enquête ménages celles de l'enquête cordon, informant sur les échanges motorisés avec l'extérieur de l'agglomération pour le motif « achat ». Cela peut provoquer des écarts considérables entre les comptages et les enquêtes et interdire par la suite une

évaluation correcte des véhicules-kilomètres effectivement parcourus dans l'aire d'observation ;

- Dans la mesure où ces enquêtes ne renseignent pas sur le samedi, jour où les déplacements d'achat présentent pourtant des caractéristiques particulières, le modèle ne rend compte que des flux réalisés les jours ouvrables ;
- Les données sont recueillies auprès des membres d'un échantillon de ménages et non au niveau d'établissements commerciaux. Dans les enquêtes ménages, cela conduit au fait que certaines zones de destination sont sous-représentées. C'est notamment le cas des générateurs particuliers comme les centres commerciaux. Le modèle doit normalement permettre de corriger en partie ce biais.

En deuxième lieu, l'élaboration du module consacré aux flux d'auto approvisionnement des ménages nécessite une bonne connaissance de l'appareil commercial. Dans ce cas, contrairement aux flux d'achat, il existe des données spécifiques permettant l'étude de la composante commerciale d'une agglomération. En effet, les chambres de commerce et d'industrie des grandes agglomérations disposent généralement de bases de données exhaustives et mises à jour régulièrement sur les établissements commerciaux (nature du local, surface de vente, nombre d'emplois, localisation, chiffre d'affaires etc.). Toutefois, l'accès à ces informations reste souvent difficile et coûteux. C'est pourquoi, à défaut, c'est le répertoire national des établissements économiques (fichiers SIRENE de l'INSEE) qui est utilisé pour constituer une base de données sur l'appareil commercial. Ce répertoire contient, pour une agglomération donnée, l'ensemble des établissements susceptibles de générer des déplacements au sens du motif « achat », tel qu'il est défini dans les enquêtes ménages. Le recours aux fichiers SIRENE pose deux problèmes importants. Premièrement, il ne permet pas véritablement de connaître les surfaces de vente (seule la nature du local - < 400 m², 400 à 2500 m², > 2500 m² – donne une indication sur cette variable et cela uniquement pour les établissements n'ayant qu'une activité commerciale). Deuxièmement, ces fichiers ne renseignent que sur les tranches d'effectifs salariés (une procédure particulière doit être mise en œuvre pour estimer un nombre moyen d'emplois par établissement). Ces faiblesses étant connues, l'utilisation du fichier SIRENE présente néanmoins un avantage de taille : il permet, à partir d'un seul et même fichier, la génération des déplacements d'achat et des flux inter-établissements.

IV-2 Les échanges entre les établissements économiques : une méthode d'investigation spécifique

Il s'agit de l'ensemble des déplacements de marchandises entre les établissements économiques d'une agglomération, commerces de détail et de gros, petite et grande distribution, industrie, services aux entreprises sans oublier les services auprès des individus, des bureaux et des administrations.

Devant la carence de données quantitatives, le Ministère des Transports français et l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) ont lancé une série d'enquêtes lourdes étroitement liées à un schéma de modélisation préétabli. Les principales caractéristiques de ces enquêtes sont :

- la recherche de l'exhaustivité dans la description des flux générés par l'ensemble de l'activité urbaine,

- la représentativité de l'échantillon (sur la base d'une stratification a priori), qui permet d'estimer avec une précision suffisante des ratios et des relations fonctionnelles relatives à la génération des flux,
- la production d'informations sur les modes de gestion (identification des acteurs de la logistique et du transport) et d'organisation des flux (type de véhicules, traces directes ou tournées), comme sur les caractéristiques et l'environnement des établissements, qui soient susceptibles de rendre opérationnel un modèle de simulation des effets de diverses politiques,
- le choix d'une unité d'observation susceptible de répondre aux exigences de la modélisation : mesurabilité, pertinence et cohérence avec les objectifs fixés.

La philosophie du modèle : une relation essentielle entre enquête et modèle à partir d'une unité d'observation pertinente.

Nous exposons en premier lieu pour quelles raisons le transport urbain de marchandises nécessite une méthode d'investigation spécifique (Bonnaïfous, 2000).

On peut résumer le fait que le transport de marchandises en ville est devenu une question vive dans de nombreux pays, par la compétition observée entre l'usage de la voirie par les véhicules de marchandises et par le transport de personnes. Il en découle une congestion et un effet sur l'environnement de plus en plus aigus dans les zones où l'espace est le plus rare. Or, la question des transports de personnes a mis en évidence, dès les années 1960, une contradiction entre l'expansion rapide de l'usage de la voiture et les capacités de voirie des centres-villes. Pour mieux comprendre et modéliser la mobilité des personnes, l'unité de traitement considérée a été rapidement le déplacement de l'individu. Ce déplacement se décline comme une origine et une destination, auxquels sont associés un motif à l'origine et un motif à la destination ainsi que les déterminants socio-économiques nécessaires à l'explication puis à la modélisation de la mobilité. Le modèle à quatre étapes (génération, distribution, répartition, affectation) est le prototype de cette démarche. La simplification des chaînes de déplacement en déplacements origine-destination successifs indépendants est contestable en théorie mais la démarche reste cohérente avec l'objectif de prévision du trafic sur voirie.

Il n'en va pas de même du transport de marchandises en ville. En effet une matrice origine-destination de marchandises estimée par enquête ou simulée par un modèle n'a pas de signification en termes de transport : le déplacement d'une tonne de marchandises entre une zone i et une zone j peut s'effectuer soit en une fois (en trace directe) soit à l'occasion de plusieurs dizaines de livraisons effectuées soit en trace directe soit au cours de tournées complexes. Or il s'agit bien d'essayer de comprendre comment cette activité consomme la ressource rare qu'est l'espace de voirie. Il convient donc bien d'observer les mouvements des véhicules induits par ces opérations de livraison.

Pour observer la manière dont s'organisent ces mouvements de véhicules, plusieurs approches statistiques sont possibles. On peut concevoir comme unité statistique, la sortie d'un véhicule (un aller et retour ou une tournée, dont on repèrerait la succession des arrêts et des déplacements), ou encore un tronçon de voie sur lequel on observerait les stationnements et les déplacements de véhicules ou encore les établissements émetteurs dont on recenserait la totalité des expéditions. Ces unités présentent à des degrés divers, des difficultés de représentativité des échantillons, d'accès aux acteurs détenant l'information ou encore d'ancrage de ces informations sur des fichiers statistiques préexistants, tels en France, les fichiers INSEE d'établissements.

Une unité d'observation : l'opération de livraison/enlèvement

Le choix a donc été fait de retenir l'opération de livraison ou d'expédition de marchandises comme unité d'observation. *C'est l'événement décrit par l'opération de chargement ou de déchargement d'un véhicule de marchandises dans un établissement, l'occupation de la voirie par le véhicule à l'arrêt et le déplacement du véhicule lié à cette opération.*¹⁹ En effet, c'est à l'endroit de la livraison que l'on peut lire les différentes composantes de la logistique urbaine :

- c'est l'établissement expéditeur (chargeur) qui oriente généralement, par son activité, les caractéristiques du mouvement de la marchandise, telles la nature des marchandises transportées, leurs conditions de stockage et leur conditionnement, le nombre et la fréquence d'approvisionnement et d'expédition,
- la localisation de l'établissement et son environnement expliquent les conditions de chargement et de déchargement (durée d'arrêt, équipements et facilités de stationnement),
- lors d'une opération de livraison/enlèvement, il est possible d'avoir connaissance de l'organisation du transport (type de véhicule, type de parcours : tournée ou trace directe), ainsi que le mode de gestion (compte propre, compte d'autrui).

Cette unité d'observation présente plusieurs avantages : elle est parfaitement localisée dans l'espace et dans le temps, elle est facilement identifiable par les livraisons et les enlèvements qui sont réalisés dans chaque établissement. Elle permet de plus de localiser et de mesurer la durée des arrêts de chaque véhicule, selon les conditions de stationnement qui lui sont offertes. La connaissance de son insertion dans le parcours simple ou complexe d'un véhicule permet de prendre en compte le comportement du véhicule en circulation, comme nous le verrons plus loin. Nous pouvons ainsi associer **un nombre moyen de mouvements hebdomadaires** pour chaque établissement de l'agglomération, ce qui permet de calculer simplement le nombre de mouvements générés dans une zone donnée.

A partir d'un échantillon construit sur la base d'un fichier d'établissements, il est alors possible d'évaluer le nombre de livraisons et d'enlèvements générés sur un zonage de l'agglomération. En effet, à chaque opération de livraison-enlèvement est associé un déplacement de véhicule ainsi qu'une durée de stationnement sur la voirie correspondante. De ce calcul découle une mesure de l'occupation de la voirie par les véhicules de livraison à l'arrêt comme en circulation. Cette mesure répond à l'objectif fixé : mesurer l'impact des TMV sur l'environnement urbain en termes de congestion, de pollution et de consommation énergétique.

Des indicateurs de perturbation sur des zones

Les perturbations liées à l'occupation de la voirie par l'ensemble des véhicules de livraison sont ainsi calculables sur une zone et non sur un arc. Or, sur un réseau urbain, les ralentissements liés à la circulation ou au stationnement des véhicules ne dépendent pas seulement de la fluidité sur chaque arc mais dépendent surtout des conditions de croisement aux carrefours, ce qui n'est pas, à notre connaissance, modélisé dans les modèles de trafic ; exception faite de quelques développements récents en matière de modèles dynamiques d'affectation. De plus, la manifestation de la congestion sur un arc ne permet pas de mesurer l'impact de mesures autres que des aménagements d'infrastructure de transport. Or, comme nous l'avons souligné plus haut, le développement d'infrastructures de transport en zone urbaine est limité par la rareté de l'espace et n'est pas susceptible d'apporter de solution sur le

¹⁹ Pour plus de détails, se référer à DRAST (2000), *op. cit.*

plan environnemental- la création de nouvelles infrastructures entraîne inmanquablement une forte induction de trafic et des nuisances qui l'accompagnent. Ainsi, *l'occupation de la voirie par les véhicules à l'arrêt ou en circulation* dans une zone nous apparaît plus mesurable et plus pertinente en milieu urbain que des trafics O/D calculés par les modèles classiques sur les arcs d'un réseau de voirie.

Le concept d'opération de livraison/enlèvement nous permet de cerner sur chaque zone d'une agglomération :

- ◆ le comportement des véhicules (durée et lieux de stationnement), ce qui permet de mesurer une *occupation moyenne de la voirie par ces véhicules à l'arrêt en double file ou non*, selon quatre types (voitures particulière, véhicules utilitaires légers de moins de 3,5T, camions porteurs, véhicules articulés) ;
- ◆ les itinéraires parcourus pour réaliser ces livraisons, ce qui permet de calculer les kilomètres parcourus par ces véhicules. Une *occupation de la voirie par les véhicules en circulation* ainsi qu'un *nombre de véhicules.km générés par une zone* peuvent être calculés ;
- ◆ la répartition spatiale des parcours effectuées, ce qui permet de *calculer la part du transit de zone (en véhicules.km)* qui complète la génération de la demande de transport de chaque zone. Cela permet d'aboutir à une évaluation des flux de véhicules générés par l'activité « Marchandises en Villes » qui occupent la voirie dans chaque zone ;
- ◆ enfin, *une occupation instantanée de la voirie* par les véhicules de livraison, tant à l'arrêt qu'en circulation, peut être calculée par la connaissance des profils horaires des mouvements.

Ce parti pris méthodologique permet de satisfaire aux trois conditions d'opérationnalité d'un modèle de TMV : cohérence du concept et des objectifs du modèle, pertinence du concept avec la réalité du TMV, mesurabilité de toutes les grandeurs caractéristiques. En outre, elle autorise la comparaison de différents états du système de transport selon quatre types de commandes :

- ◆ la stratégie de localisation des entreprises résultant de l'évolution économique (division spatiale du travail, mondialisation des échanges). Le phénomène d'étalement urbain ou le développement de pôles d'activité seront traduits par la macro-variable de commande « Localisation des activités » ;
- ◆ diverses options choisies par les établissements en ce qui concerne la logistique (modification des modes de gestion, rationalisation des tournées, nouveaux véhicules, ...). Elles seront désignées par le terme de « Système logistique » ;
- ◆ les mesures de « Réglementation urbaine » prises à l'échelle de l'agglomération. Elles correspondent aux contraintes sur les gabarits de véhicules, limitations des horaires d'accès à certaines zones, contraintes de stationnement ;
- ◆ les mesures liées à l'intervention publique sur l'aménagement urbain telles que la construction de nouvelles infrastructures ou la création d'une plate-forme urbaine. Elles seront désignées sous le terme « d'aménagement urbain ».

Cette démarche de modélisation a dirigé la forme des enquêtes lourdes qui ont été réalisées en vue d'alimenter le modèle de simulation du fret urbain FRETURB.

IV-3 Les difficultés d'appréhender les autres flux

Une incertitude pèse sur la connaissance de nombreux flux que nous désignons par flux "annexes". Citons en particulier les nombreux déplacements professionnels qui sont accompagnés d'un transport de biens, (représentants de commerce, artisans) et dont la nature présente donc une ambiguïté. Il n'existe encore pas de définition précise en la matière. Ce problème n'est pas abordé ici. En revanche, plusieurs autres flux sont identifiables. Ils sont décrits dans l'ouvrage sur le "Diagnostic des TMV" (pp. 62 - 73) sous le nom de flux "annexes". Nous en rappelons ici les grandes lignes ainsi que le degré de fiabilité des différents modes de calcul. (Gérardin Conseil 1999).

Les chantiers du bâtiment

Ces derniers sont mesurés sur la base des fichiers SICLONE des permis de construire (logements et locaux commencés) gérés par les Directions Régionales de l'Équipement. Avec ce fichier, les établissements peuvent être repérés à leur adresse. Il convient de tenir compte des rythmes saisonniers des constructions, avec une fréquence moins élevée en hiver. De nombreuses tâches sont difficiles à répertorier. Néanmoins, un nombre de véhicules générés par la construction de 1000 m² de plancher a pu être estimé sur la base des travaux du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB, 1998) :

Tableau 10.

Chantiers de construction	Nombre de véhicules PL / 1000 m²
Déchets de chantiers de construction ou réhabilitation	8 à 15 bennes
Béton Bâtiments (nombre de toupies)	60
Second œuvre : 1/ doublage	7
2/ isolants	7
3/ menuiserie	7
4/ aciers	10
Chantiers de démolition et autre BTP	Nombre de bennes/semaine pour 100 000 habitants
Déchets de chantiers de démolition	40
Déchets de chantiers de travaux publics	500

Source : Etude CSTB, calculs LET selon recensement Gérardin Conseil.

Ces éléments chiffrés sont une estimation très grossière des trafics de fret que peut générer un chantier. Bien entendu, doivent être ajoutés de nombreux mouvements de camions liés à la logistique interne spécifique à chaque chantier (grues, élévateurs, échafaudages) de même que les matériaux (construction et minéraux divers) de second œuvre acheminés par des véhicules légers. On peut considérer qu'ils représentent au moins un flux du même ordre que celui des véhicules lourds. Les mouvements de camions générés par les chantiers de démolition sont issus de données nationales annuelles (soit 600 000 bennes/an) rapportées aux m² construits dans l'agglomération.

Limites : à notre connaissance, aucune étude précise n'a été réalisée sur ces différents points. On doit donc rester très prudent sur les estimations proposées à partir de ratios très généraux. En particulier, aucune spatialisation des flux dans l'agglomération n'est actuellement possible.

Les chantiers de travaux publics

On distingue les chantiers de voirie des chantiers liés à l'entretien et à la construction des réseaux.

A/ Les chantiers sur les réseaux peuvent être appréhendés à partir du parc des gestionnaires de réseau (EDF-GDF, France Télécom, Compagnies des eaux, Services d'assainissement), sur la base desquels il serait possible de faire la somme des kilomètres annuels parcourus par ces véhicules. A ces flux, il conviendrait d'ajouter les mouvements générés par la sous-traitance auprès de sociétés de travaux publics fréquemment sollicitées en amont et en aval de l'intervention du gestionnaire.

B/ Pour les chantiers de construction de voirie, on distingue neuf phases importantes :

1 - la pré-ouverture du chantier, 2 - l'ouverture du chantier, 3 - la démolition de l'existant, 4 - le creusement des tranchées, les terrassements et raccordements aux réseaux, 5 - la réalisation du fond de forme de la future chaussée, 6 - la réalisation des bordures de trottoir, 7 - la réalisation de la chaussée, 8 - la signalisation horizontale, 9 - la dépose de la signalisation du chantier et la remise en circulation.

Limites : aucune statistique fiable n'est réalisée à l'échelle d'une agglomération sur ce point. Seuls des calendriers sont parfois réalisés pour les besoins de la gestion des trafics. De plus, l'aspect épisodique et irrégulier des divers chantiers, la multitude d'intervenants (services urbains, réseaux divers) rendent cet exercice périlleux.

Les déchets ménagers et assimilés

On distingue :

- la collecte des ordures ménagères : à partir d'un comptage du nombre de véhicules de collecte utilisés et de leur kilométrage annuel, il est possible de mesurer un nombre hebdomadaire de kilomètres parcourus pour le besoin de collecte.
- l'acheminement des déchets par les particuliers et les entreprises aux déchetteries. Le nombre d'entrées annuel dans ces centres permet d'obtenir un ordre de grandeur des kilomètres parcourus par les particuliers et les entreprises.
- le traitement des ordures ménagères et des déchets des collectivités, en distinguant les flux entrants, sortants, internes et de transit relativement à chaque commune. Une enquête annuelle est réalisée sur ce point par l'ADEME auprès des Installations de Traitement des Ordures Ménagères et Assimilées (ITOMA). Une analyse de ces statistiques qui sont localisées par centre permet d'estimer un nombre de véhicules.km.

Limites : s'il existe des statistiques à l'échelle de chaque agglomération, un travail assez lourd est nécessaire pour obtenir une quantification des mouvements de camions. La spatialisation des flux reste aléatoire (BETURE Environnement 1996, PLANISTAT, 1999).

Les déchets industriels

On distingue les déchets industriels banaux (DIB) des déchets industriels spéciaux (DIS). En première estimation, sur la base de statistiques nationales, on peut évaluer le tonnage de DIB à 0,8 T/habitant/an et de DIS à 0,15 T./hab./an. Si l'on compte un chargement de 20 tonnes par véhicule, on obtient les ratios suivants :

Tableau 11.

Déchets industriels	Nombre de camions/semaine pour 100 000 habitants
Déchets banaux	77
Déchets spéciaux	14

Limites : la référence à la population suppose que toutes les agglomérations ont à peu près la même activité industrielle, ce qui n'est évidemment pas le cas. Un nombre de camions par emploi industriel permettrait de supprimer ce biais. La spatialisation des flux n'est pas réalisable en l'état des statistiques globales actuelles.

Les déménagements

Nous dissocions les déménagements des particuliers et ceux des entreprises. Environ 10% des ménages déménagent chaque année. Une enquête auprès des entreprises de déménagement précise qu'environ 16% des particuliers font appel à des professionnels qui utilisent essentiellement des camions porteurs (Métaireau 1998). Parmi ces derniers, 38% sont réalisés dans la même commune, 29% dans un rayon de 20 km, 16% à moins de 100 km. Afin d'estimer les kilomètres parcourus, nous devons faire plusieurs hypothèses :

- les entreprises font appel surtout à des professionnels.
- les particuliers utilisent presque exclusivement des véhicules de moins de 3,5T et effectuent entre deux et trois voyages par déménagement.
- la moitié des déménagements des particuliers sont effectués le week-end.

Ces indications permettent de calculer un nombre de mouvements de véhicules par semaine et un kilométrage approximatif parcouru sur l'agglomération pour cette activité.

Limites : les résultats obtenus sont soumis à des hypothèses fortes, mais les quantités obtenues étant assez faibles, le risque d'erreur porte peu à conséquence.

Les services postaux

Le calcul est effectué selon le parc de véhicules et son kilométrage annuel.

Limites : la part des déplacements réalisés par le parc de la Poste sans transport de marchandises est difficile à estimer. De plus, il convient de prendre en compte la sous-traitance qui est fréquemment utilisée dans les échanges entre les centres de tri.

L'entretien et l'approvisionnement des établissements publics

Nous entendons par établissements publics les rectorats, universités, services communaux et hôpitaux. Une partie des flux de marchandises relatifs à ces établissements est prise en charge par le secteur privé. Elle est traitée par les enquêtes auprès des établissements. En revanche, les flux acheminés par le secteur public lui-même (magasins généraux par exemple) requièrent un recensement particulier. Le calcul est effectué selon le parc de véhicules géré par ce secteur et son kilométrage annuel.

Limites : la part des déplacements réalisés par le parc sans transport de marchandises est difficile à estimer.

Moyennant les réserves sur les flux annexes, il apparaît désormais possible d'estimer, sans enquête locale spécifique et sur la base des principales relations obtenues à l'aide des enquêtes TMV et des enquêtes ménages-déplacements, les paramètres suivants :

- le nombre de déplacements d'achats réalisés dans une agglomération,
- le nombre d'opérations de livraison ou enlèvement dans l'agglomération,
- l'occupation de la voirie par les véhicules à l'arrêt en faisant la part du stationnement illicite sur voirie (en véhicules*heures),
- l'occupation de la voirie par les véhicules en circulation (en véhicules*km)
- l'occupation de la voirie par les véhicules de livraison en stationnement sur voirie et en circulation, sur une période horaire donnée.

C'est cet exercice que propose la méthode décrite au chapitre suivant.

V LE MODELE FRETURB

V-1 Un modèle analogique désagrégé

Dans un processus de simulation, on a fréquemment recours à des données longitudinales. Malheureusement, dans ce domaine, en France, nous ne disposons que de données transversales, c'est-à-dire observées à une époque donnée (pour nous, les années 1995-1997). Il n'est alors pas possible de comparer cette situation avec des situations antérieures (pour lesquelles, par exemple, on connaîtrait ne serait-ce que des caractéristiques très générales comme la part des petits véhicules de $\leq 3,5T$. ou la proportion de compte propre et compte d'autrui dans la distribution urbaine).

A l'aide de ces enquêtes, nous avons pu cependant mettre en évidence de nombreux invariants dans les comportements des acteurs, ce qui nous a amenés à construire un schéma d'explications des changements de comportement par analogie avec les situations observées. En ce sens, le modèle est *analogique et désagrégé*, car il s'appuie sur les pratiques différenciées des divers établissements de chaque zone d'activité.

Si cette approche a le mérite d'être simple, sa mise en œuvre ne permet pas de rendre compte des évolutions possibles des comportements des acteurs tels les comportements d'achat ou les changements radicaux dans l'organisation logistique au cours du temps. Ces changements devront faire l'objet d'études complémentaires au cas par cas.

Les objectifs

L'élaboration de ce modèle vise trois principaux objectifs :

- 1/ décrire le plus précisément possible les flux de véhicules du transport des marchandises dans des villes ne disposant pas d'enquêtes lourdes,
- 2/ évaluer l'impact des mesures de politiques d'aménagement, d'organisation logistique, de réglementation urbaine et de localisation sur la formation des trafics, la congestion et l'environnement,
- 3/ identifier les acteurs (activités, opérateurs de transport) concernés par telle ou telle mesure et quantifier leur degré d'implication.

La méthode

Nous nous appuyons sur l'hypothèse que les gestionnaires du transport se comportent rationnellement de manière à optimiser leurs coûts, en considérant que les fonctions de coût de l'opérateur du transport sont différentes suivant qu'il est l'expéditeur de la marchandise, le destinataire ou un transporteur professionnel. A défaut de monétariser les fonctions de coût des différentes filières, nous avons identifié les éléments qui dirigent leurs choix d'organisation du transport, sur la base des enquêtes qui ont été conçues pour alimenter le modèle. C'est pourquoi nous avons veillé à ce que ces enquêtes satisfassent les contraintes suivantes :

- permettre la correspondance entre les caractéristiques du générateur de flux (enquête auprès des établissements) et les caractéristiques des opérateurs du transport (CPE, CPD, CA²⁰) en prenant en considération les conditions de réalisation des livraisons (entretiens auprès des chauffeurs),
- rendre compte du "télescopage" de l'ensemble des flux sur un espace commun : la voirie urbaine. Il s'agit ici de mesurer les effets de la confrontation de l'ensemble des flux

²⁰ Cf. Glossaire en fin de document.

locaux, d'échange et de transit sur le fonctionnement du système de transport d'une région-ville (LET, ISIS, CETE de Lyon, 2000).

Nous avons choisi comme résultat de sortie du modèle l'occupation de la voirie par les véhicules de livraison en stationnement et en circulation par zone. Celle-ci a l'avantage de permettre d'estimer les impacts des mesures simulées à la fois sur la congestion et sur l'environnement.

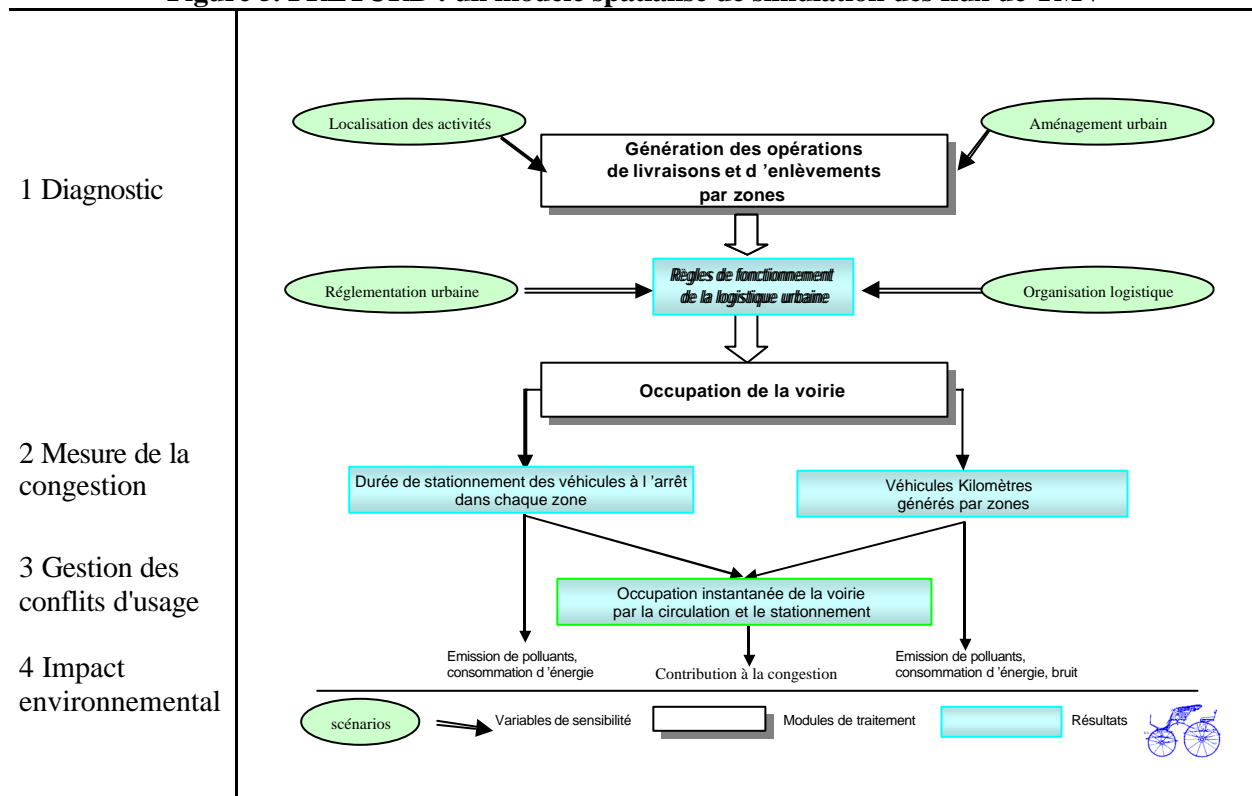
L'unité de temps : jour ordinaire, heure de la journée,

L'unité spatiale : l'agglomération, divisée en macro-zones (quelques dizaines), choisies par l'utilisateur en fonction de la densité d'activité et de population. En France, ce sont les zones d'enquêtes auprès des ménages sur les déplacements de personnes qui ont été retenues.

Nous distinguons deux types de variables explicatives :

- les **variables caractéristiques** du modèle : elles servent à calculer les différents paramètres de sortie du modèle dans les modules de traitement. Ce sont des variables explicatives de premier ordre ;
- Les **variables de sensibilité** sont des variables explicatives de second ordre de la variation de l'occupation de la voirie. Elles servent à dynamiser les résultats selon les scénarios, en permettant au modèle d'être sensible aux différentes mesures testées. Certaines variables caractéristiques sont aussi des variables de sensibilité.

Figure 5. FRETURB : un modèle spatialisé de simulation des flux de TMV



V-2 La mise en œuvre du modèle FRETURB

A La base du modèle : le fichier des établissements

Nous avons choisi de nous appuyer sur des caractéristiques disponibles pour tous les établissements d'une agglomération sans investigation trop coûteuse, afin de permettre l'utilisation du modèle à des villes ne bénéficiant pas d'enquêtes lourdes.

La seule contrainte consiste à disposer des informations sur les établissements qui permettent d'extrapoler les données d'enquêtes sur l'agglomération tout entière. Nous avons utilisé le répertoire national des établissements (SIRENE de l'INSEE). L'utilisation de ce fichier nécessite quelques précautions qui sont précisées dans l'annexe technique ci-jointe. La spatialisation des résultats s'effectue sur un zonage prédéterminé. Cette dernière doit faire l'objet d'un soin particulier, car elle conditionne la pertinence du cadre d'expression des résultats dans l'espace d'étude, mais aussi la qualité des résultats spatialisés. Le fichier de base des établissements doit être enrichi de la localisation de chaque établissement sur le zonage choisi.

B Le zonage de l'agglomération : les pièges à éviter

Afin de localiser les pôles générateurs de la manière la plus explicite possible pour l'aménageur, tout en garantissant une qualité des estimations des quantités de livraison/enlèvement calculées à partir des ratios moyens de livraison par type d'établissement utilisés dans le modèle, nous proposons la construction préalable d'un zonage de l'agglomération ou du territoire étudié.

L'usage d'un zonage préalable, s'il permet d'exprimer des résultats spatialisés qui sont lisibles sur une carte, pose quelques problèmes d'usage redoutables :

- les zones choisies doivent rejoindre le sens commun de la majorité des utilisateurs (techniciens de ville, décideurs, élus),
- la représentation de résultats sur un zonage suppose une certaine homogénéité à l'intérieur de chaque zone. Or, si cette condition peut être assez bien respectée dans des espaces urbains denses où le bâti et le filaire de voirie sont assez réguliers, il n'en est pas de même dans les espaces périphériques, au sein desquels cohabitent des bourgs assez concentrés, des zones rurales très peu denses traversées par des corridors ou des rocades le long desquelles s'égrènent diverses activités (plates-formes logistiques, centres commerciaux, zones industrielles).

Il est impératif dans cet ordre de **respecter les trois règles de choix du zonage** :

1/ *la compatibilité avec les zonages qui servent dans les autres modèles de génération de trafic* (zonage des enquêtes ménages, zonages de préchargement des réseaux modélisés de type Davis ou Opera...)

2/ *une taille minimum de chaque zone (environ 500 établissements)* qui garantisse une qualité statistiquement acceptable des flux générés par zone et permette d'obtenir des densités d'activité par zone qui ne soient pas trop caricaturales. En effet, nous verrons plus loin que certains comportements (distances parcourues entre deux arrêts, taille de tournées) dépendent de la densité d'activité des zones desservies. Cela signifie, par exemple, que si l'on restreint une zone strictement à un centre commercial, la densité d'emploi de la zone sera très élevée, donc les distances modélisées deviendront artificiellement très faibles, même si cet établissement est situé dans un "désert" périphérique éloigné de tout et nécessitant un parcours de dix kilomètres et plus pour y accéder. Nous nous trouvons alors hors des limites du modèle, ce qui produirait des résultats erronés en termes d'occupation de la voirie.

2/ *une certaine homogénéité des zones en termes d'activité et de bâti.* En effet, plus les zones choisies seront homogènes, plus les résultats seront différenciés et gagneront en significativité.

V-3 Les différents modules de FRETURB

A/ La génération des déplacements motorisés d'auto approvisionnement des ménages

Seule la première étape du modèle de simulation consacrée aux déplacements d'achat des ménages est présentée dans cet ouvrage. Il s'agit d'un module de génération des déplacements motorisés d'auto approvisionnement des ménages. Il permet, sur la base d'un ensemble de variables caractéristiques, une estimation spatialisée des déplacements tous modes et VP (voiture particulière) qui ont pour motif à l'origine la réalisation d'un acte d'achat. Autrement dit, ne sont pris en compte que les déplacements qui suivent directement un acte d'achat.

Pour chaque zone d'une agglomération donnée, le module calcule le nombre de déplacements (tous modes et VP) générés un jour moyen de semaine par les habitants de l'aire d'étude pour l'enlèvement de leurs achats (motif à l'origine).

Toutefois, contrairement aux flux inter-établissements, il n'est pas possible de déterminer pour les déplacements d'achat des fonctions « clé en main » applicables uniformément quelle que soit l'agglomération considérée. En effet, si nous avons pu mettre en évidence qu'il existait effectivement des variables explicatives identiques sur les agglomérations étudiées, il n'en demeure pas moins que leur contribution relative varie suivant des contextes locaux difficilement modélisables.

Aussi, ce module permet à chaque ville disposant d'enquêtes ménages-déplacements de calibrer elle-même les fonctions mises en œuvre suivant une procédure simple intégrée au CD-ROM. L'intérêt de ce module ne réside donc pas tant dans l'estimation brute des déplacements générés, mais dans la mise en lumière des différentes variables explicatives de la génération des flux liés aux achats des particuliers. Ce sont ces mêmes variables qui permettent de rendre sensible le modèle à différents scénarios d'urbanisme commercial.

L'estimation se fait en deux étapes sur la base de régressions linéaires multiples :

- 1/ calcul par zone des déplacements qui ont pour motif à l'origine « achat » ;
- 2/ calcul par zone de la part des déplacements d'achat réalisée en voiture.

Les conditions de mise en œuvre du module

Le fichier des établissements

Les deux phases de calcul de la génération des déplacements d'achat sont en grande partie basées sur quelques variables caractéristiques de l'appareil commercial. Ces dernières sont déterminées à partir des seules données issues du répertoire national des établissements (fichier SIRENE de l'INSEE). A partir du fichier SIRENE enrichi préalablement de la localisation des établissements sur un découpage prédéfini, le CD-ROM calcule automatiquement, pour chaque zone, la valeur des variables endogènes du modèle.

Les fichiers des enquêtes ménages-déplacements

Le calibrage de la relation mise en œuvre à chacune des deux étapes du module nécessite de connaître pour chaque zone de l'agglomération :

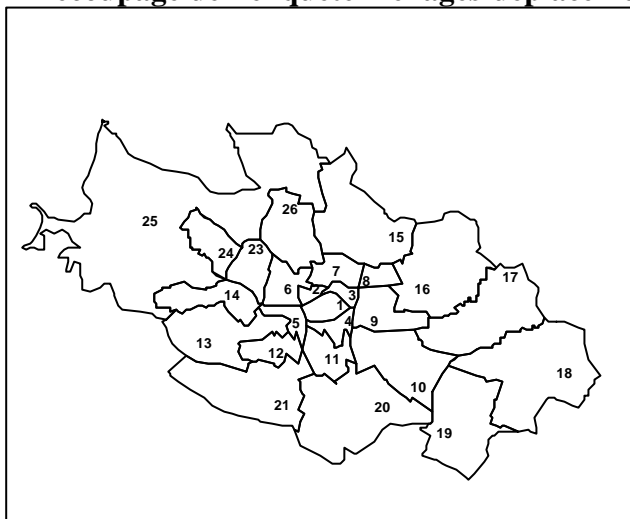
- 1/ le nombre de déplacements tous modes originaires de la zone et ayant pour motif à l'origine « achat » ;
- 2/ la part des déplacements, tels que définis ci-dessus, réalisée en voiture (conducteur et passager).

Ces données sont extraites du fichier « déplacements » des enquêtes ménages dont dispose la majorité des agglomérations françaises.

Le zonage de l'agglomération²¹

Pour des raisons pratiques, il est conseillé lors du calcul du nombre de déplacements d'achat générés d'utiliser le découpage standard de l'enquête ménages-déplacements. A titre d'information, les aires d'étude retenues à Marseille et Dijon (similaires à celles des enquêtes TMV) sont respectivement découpées en 19 et 25 zones.

Carte 5. Dijon – Découpage de l'enquête ménages-déplacements en 25 zones



Source : Cartographie LET.

Pour des raisons de représentativité statistique, il est **nécessaire de déterminer un macrozonage** (agrégation des zones standard de l'enquête ménages-déplacements) **lors du calcul de la part de la voiture particulière dans les déplacements d'achat générés.**

Les variables caractéristiques

Première étape : génération des flux d'auto approvisionnement des ménages

Les analyses des enquêtes ménage réalisées sur les agglomérations de Bordeaux, Marseille/Aix-en-Provence et Dijon ont mis en évidence que le nombre d'emplois/d'établissements commerciaux segmentés selon la nature du local de l'établissement et une variable représentant le potentiel des consommateurs de la zone constituaient de bons indicateurs de la génération des déplacements d'achat. Quatre variables caractéristiques, calculées pour chaque zone, sont ainsi prises en compte dans la fonction de génération des flux d'auto approvisionnement des ménages :

²¹ Voir la section consacrée à cette question dans le paragraphe sur les conditions de mise en œuvre du modèle FRETURB.

- 1/ le nombre d'emplois dans les grandes surfaces ;
- 2/ le nombre d'emplois dans les très grandes surfaces ;
- 3/ le nombre d'établissements commerciaux de type petit magasin ou similaire (i.e. les établissements commerciaux qui ne sont ni des grandes surfaces ni des très grandes surfaces) ;
- 4/ le nombre d'habitants.

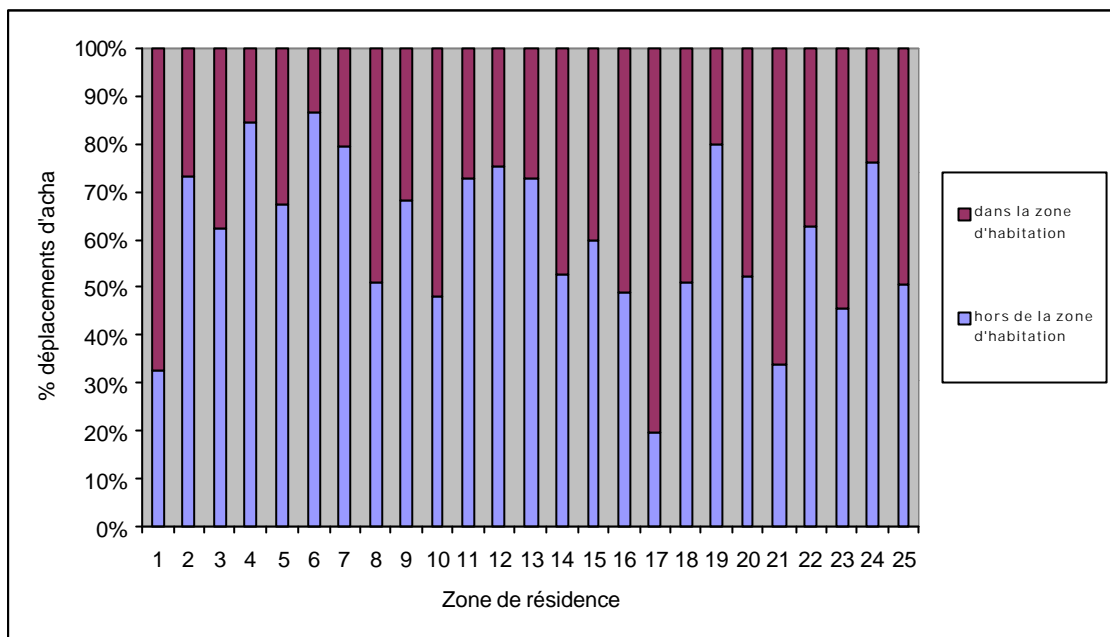
La surface de vente par grands types d'établissements commerciaux est un indicateur très souvent utilisé pour caractériser l'offre commerciale. En outre, différentes études ont montré qu'un tel indicateur pouvait être considéré comme un déterminant significatif de la génération/attraction des flux (de personnes, de véhicules, financiers) par les grands équipements commerciaux (CETE/DDE du Rhône, 1996).

Dans la mesure où cette variable n'est pas renseignée dans les fichiers SIRENE, seule la nature du local permet d'identifier les établissements commerciaux les plus importants sur la base d'un critère de surface de vente : 400 à 2500 m², ≥ 2500 m². De plus, une telle segmentation couplée à un nombre moyen d'emplois par établissement permet, selon nous, d'approcher correctement le pouvoir attractif des commerces les plus importants (plus de 400 m² de surface de vente). Ces éléments justifient le choix d'une variable « nombre d'emplois dans les grandes surfaces » et d'une variable « nombre d'emplois dans les très grandes surfaces »

Pour les autres commerces (essentiellement des petits magasins et des établissements de services à caractère commercial), la prise en compte du nombre d'établissements apparaît préférable à celle d'un nombre d'emplois. Dans une zone, on peut logiquement penser que le pouvoir attractif de ces établissements n'est pas tant le fait de leur taille mais de leur concentration, de leur grand nombre.

Outre ces éléments relatifs à l'appareil commercial, il convient également de rendre compte du lien qui existe entre les déplacements d'achat générés par une zone et ses habitants, consommateurs potentiels. L'exploitation des enquêtes ménages révèle en effet que, suivant les zones, une part non négligeable des déplacements effectués par les particuliers est réalisée dans le même secteur que le lieu de résidence (graphique 10). Ce constat est pris en compte à travers l'introduction d'une variable exogène « nombre d'habitants ».

Graphique 10. Dijon - Part des déplacements d'achat réalisés par les habitants à l'intérieur / extérieur de leur secteur de résidence



Source : Enquêtes ménages déplacements Dijon 1997.

Deuxième étape: estimation de la part des déplacements d'achat réalisée en voiture (conducteur et passager)

La deuxième étape du module permet d'estimer pour chaque zone la part modale de la voiture dans les déplacements d'achat générés. Un tel pourcentage peut être correctement appréhendé au travers des trois variables caractéristiques suivantes :

- 1/ la distance au centre (i.e. distance à vol d'oiseau entre centroïdes de zone) ;
- 2/ le taux de motorisation de la zone (i.e. le nombre moyen de véhicules particuliers par ménage) ;
- 3/ la présence ou non dans la zone d'une très grande surface (i.e. d'une surface de vente supérieure ou égale à 2500 m²).

Le choix de la distance au centre comme variable explicative se justifie par le constat que généralement les habitants d'une agglomération recourent nettement moins à l'automobile, par rapport à la moyenne, pour effectuer des achats dans les zones les plus denses (hypercentre et centre-ville notamment). A l'inverse, plus on s'éloigne des quartiers centraux pour faire des achats, plus le recours à la voiture devient systématique. Ce phénomène est directement lié à la densité des zones et corrélativement à l'offre de transports collectifs. Si cette offre peut présenter dans certains cas un impact local, celui-ci ne s'est pas avéré significatif sur l'ensemble de nos observations. A titre d'exemple, Beauvais Consultants (2001) a observé que pour un type de commerce donné (grandes surfaces alimentaires) la part de marché de la voiture double entre une localisation centrale et une localisation périphérique.

Le taux de motorisation de la zone intervient dans le modèle pour rendre compte du fait que les résidents d'un secteur donné ont plus tendance à fréquenter ce lieu que les autres secteurs de l'agglomération pour leurs achats. De ce fait, le niveau de motorisation dans le secteur en question influencera conséquemment la part de la voiture dans les déplacements d'achat générés.

La prise en compte de la présence de très grandes surfaces comme élément explicatif de la part de l'automobile dans les déplacements d'achat trouve sa justification dans l'observation des comportements. A Bordeaux et Marseille, les particuliers ont par exemple recours au moins trois fois sur quatre à la voiture pour effectuer des achats en grande surface²². Cela s'explique à la fois par le fait que l'on réalise souvent des achats importants dans ces magasins (courses de la semaine, biens d'équipement, etc.) et qu'ils sont généralement équipés de parkings gratuits, ce qui favorise d'autant l'usage de la voiture au détriment des autres modes.

B/ La génération des opérations de livraison/enlèvement

Nous calculons ici un nombre hebdomadaire moyen d'opérations de livraison / enlèvement réalisées par chaque établissement. L'analyse des enquêtes TMV a permis de révéler quatre déterminants significatifs de la génération des livraisons et enlèvements :

Les variables caractéristiques

Elles sont au nombre de quatre :

- le type d'activité (code NAF²³ détaillé) de chaque établissement,
- le nombre d'emplois de l'établissement. Celui-ci est calculé généralement à partir d'une tranche d'effectifs salariés, fournie dans les fichiers SIRENE.
- la nature du local (bureaux, commerces selon leur surface de vente, entrepôts, usines, ...),
- le nombre d'établissements d'une même entreprise sur le territoire français.

Les caractéristiques décrites dans le fichier SIRENE des établissements doivent être associées entre elles, afin de construire la typologie la plus pertinente en termes de génération. La méthode de construction de cette typologie est décrite avec précision dans l'ouvrage : « *Diagnostic du Transport de marchandises dans une agglomération, Programme National Marchandises en ville* ». (DRAST, 2000). Une typologie en 45 types d'activité/nature permet de calculer un nombre d'opérations de livraison et d'enlèvement par semaine pour chaque type, à l'aide de courbes obtenues de façon empirique, c'est-à-dire ajustées sur les résultats d'enquête, en fonction du nombre de salariés et éventuellement prolongées au prorata du nombre d'emplois.

Le comportement des établissements d'un type d'activité ne dépend pas linéairement du nombre de salariés. D'une manière générale, pour une même activité, les petits établissements génèrent plus d'opérations par emploi que les gros, et ce nombre décroît lorsque l'effectif salarié augmente.

Ainsi dans un même type d'activité, le nombre d'opérations de livraison/enlèvement générées par un établissement est calculé par addition des mouvements générés par emploi supplémentaire.

A titre d'exemple, voici une courbe du nombre d'opérations de livraison ou enlèvement sur une semaine générés par quatre types d'activités selon le nombre d'emplois :

- les pharmacies connaissent un nombre élevé du nombre de mouvements par emploi. Celui-ci est modifié à la baisse lorsque la fonction de l'établissement change (il s'agit en fait, au delà de 10 salariés, de laboratoires pharmaceutiques),

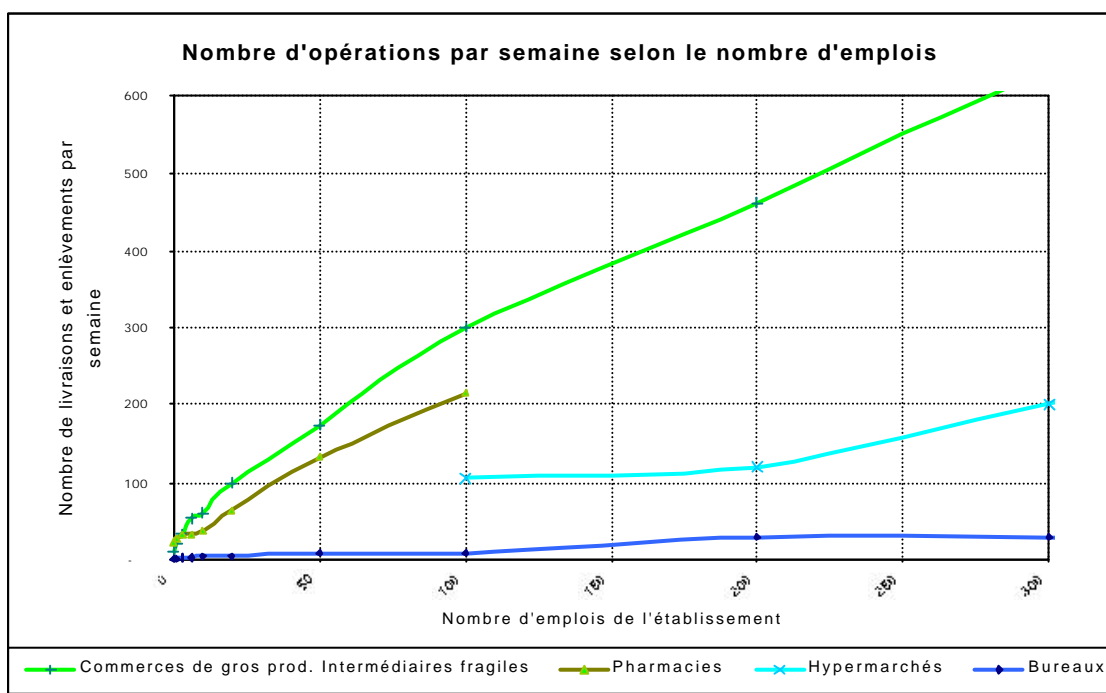
²² Voir dans cet ouvrage le chapitre consacré à la mobilité d'achat.

²³ Nomenclature française des activités en 700 types. Celle-ci a fait l'objet d'une normalisation dans les pays de la Communauté Européenne depuis 1992.

- les hypermarchés (établissements de plus de 100 salariés et de plus de 2500 m² de surface de vente) connaissent, selon leur taille, des paliers dans la génération de leur approvisionnement,
- les commerces de gros de produits intermédiaires fragiles présentent la croissance la plus forte du nombre de mouvements en fonction de l'effectif salarié parmi les quatre types d'activité présentés,
- les bureaux sont en toute logique peu productifs en flux, mais leur nombre étant très important, il convient de ne pas les oublier.

Les paliers observés sur le graphique sont liés au fait que nous avons calculé un nombre moyen d'opérations par tranche d'effectifs salariés. Les enquêtes ont permis de révéler des différences significatives entre les moyennes des opérations générées par chaque activité.

Graphique 11.



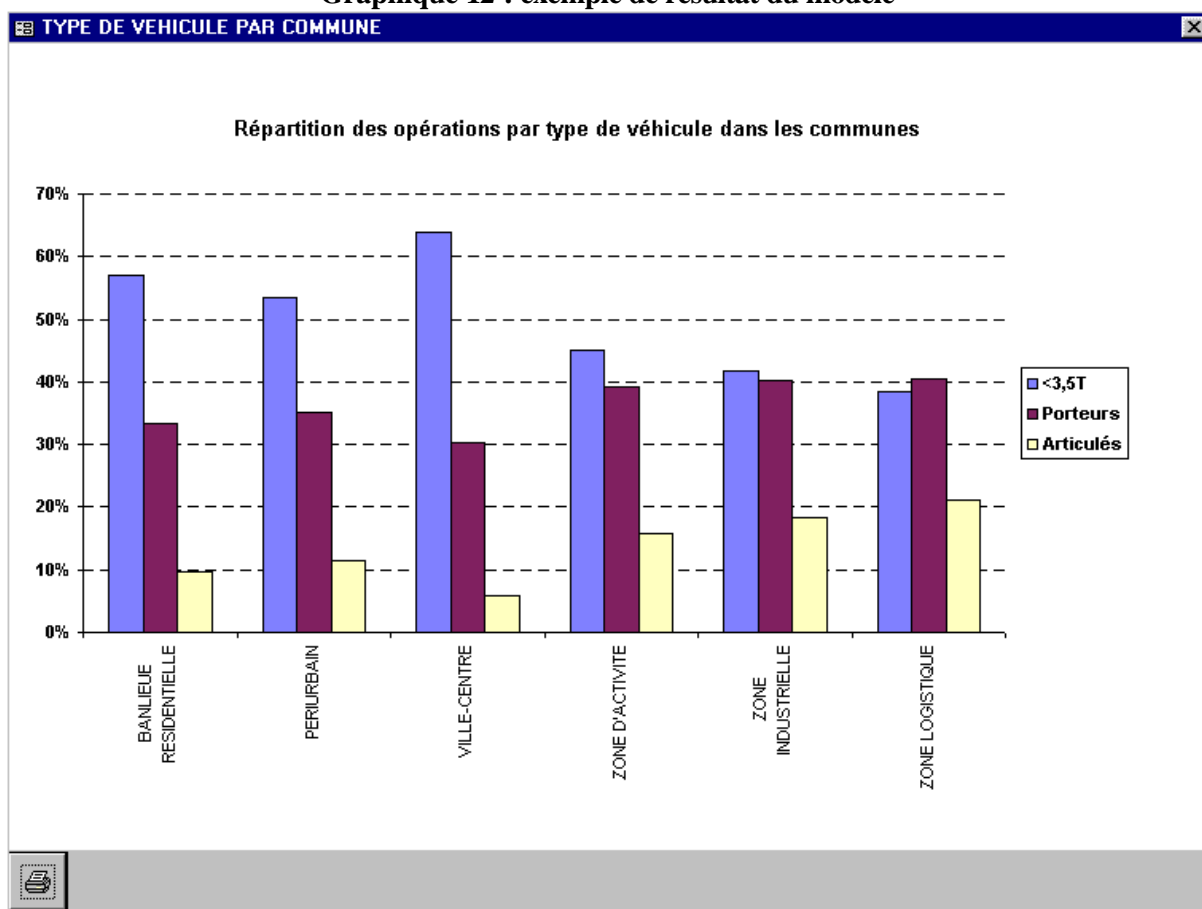
L'application de chacun de ces ratios sur l'ensemble des établissements d'une zone de plus de 500 établissements permet d'obtenir une estimation raisonnable du nombre d'opérations de livraison et d'enlèvement générées en une semaine par l'activité économique de cette zone. Les écarts observés entre le nombre d'opérations estimées par le modèle et certaines observations de terrain (Lyon, Rennes, Lille) sont de l'ordre de 10 à 15%, ce qui est bien inférieur aux amplitudes des intervalles de confiance qui ont pu être calculés sur les données d'enquête de Bordeaux, Marseille et Dijon. Cependant, le degré de validité des résultats dépend de la dispersion des nombres d'opérations générés pour chaque type d'activités : les activités les plus homogènes sont le petit commerce et la grande distribution. Vient ensuite l'industrie, puis l'artisanat et les services productifs ou non productifs. Les activités qui sont les plus sujettes à des fluctuations sont les commerces de gros et les entrepôts. Ce sont aussi des activités dont les rythmes dépendent des secteurs de production auxquels elles sont attachées et qui sont les plus producteurs de flux par emploi. Il convient donc de s'assurer de la quantité d'opérations générées par les gros établissements de ce type dans chaque agglomération.

Les résultats :

L'indicateur calculé ici est le nombre de livraisons ou d'enlèvements réalisés par les véhicules de livraison auprès des établissements d'une zone. Dans chaque zone, sont calculés :

- la proportion de réceptions (livraisons) et d'expéditions (enlèvements de marchandises) ;
- la répartition des opérations suivant huit grands types d'activité : artisanat ou services, industrie, commerce de gros, grande distribution, petit commerce de détail, secteur tertiaire de bureaux, entrepôts (dont activité transport) ;
- la proportion de petits véhicules (< 3,5 T de PTAC), camions porteurs (> 3,5 T), véhicules articulés (semi-remorques ou porteurs avec remorque) ;
- la répartition des modes de gestion (transport effectué par l'expéditeur ou le destinataire en compte propre ou bien transport pour compte d'autrui) ;
- La part des tournées et des traces directes (ou droitures).

Graphique 12 : exemple de résultat du modèle



Les variables de sensibilité :

Deux grandes catégories de variables de sensibilité ont été déterminées :

- délocalisation et substitution des activités :

Le desserrement ou la concentration des activités d'une part et la délocalisation d'activités d'autre part sont répercutés par une modification de leur répartition dans chaque zone. On peut ainsi évaluer l'impact d'opérations d'urbanisme, telles qu'une nouvelle zone d'activité sur la génération des opérations de livraison et enlèvement

- modification de la logistique d'une filière d'approvisionnement :

Dans le cas de la filière pharmaceutique, il est possible de tester un contexte dans lequel les répartiteurs pharmaceutiques auraient réduit leur fréquence d'approvisionnement des pharmacies. Le nombre d'opérations de cette catégorie d'établissements est de ce fait

revu à la baisse par l'application d'un coefficient multiplicatif.

L'occupation de la voirie par les véhicules de livraison comprend d'une part le stationnement sur la voirie, d'autre part la circulation des véhicules. Dans une tournée, on distingue deux types d'arrêt :

- les **arrêts principaux** : c'est à cet endroit que la plus grande partie de la marchandise est chargée ou déchargée du véhicule.
- les **arrêts ordinaires**, où une partie seulement de la marchandise est chargée (ramasse) ou déchargée (distribution).
- les **autres arrêts** (départs ou retours à vide, escales techniques, approvisionnement en carburant, repas au domicile du chauffeur).

Les traces directes comportent deux arrêts principaux.

Les arrêts principaux génèrent des durées de livraison et des trajets plus longs que les arrêts ordinaires.

C/ La durée de stationnement sur voirie

La durée de stationnement est comptée au lieu de l'opération de livraison/enlèvement. Elle sera considérée différemment selon la densité d'activité de la zone où se réalise le stationnement. En effet, du fait de la rareté de l'espace de stationnement licite (non gênant sur la voirie ou dans l'enceinte de l'établissement) en zone dense, la durée de stationnement illicite en double file sera d'autant plus importante que l'espace urbain est dense.

Les variables caractéristiques :

La **durée des arrêts** dépend essentiellement :

- du nombre d'arrêts de la tournée (mode d'organisation),
- du type de véhicule utilisé pour livrer chaque type d'activité ($\leq 3,5T$, camion porteur, camion articulé). La distinction par type de véhicule rend compte de l'effet de la nature et du conditionnement de la marchandise transportée, de son poids et de son encombrement.

L'impact du stationnement dépend de trois autres paramètres :

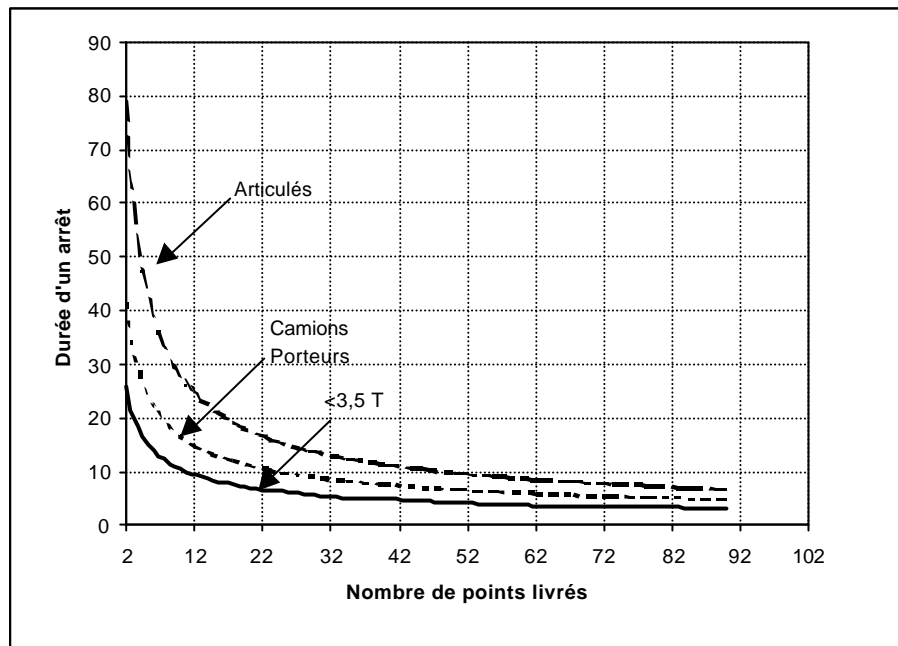
1/ la nature du stationnement : en pleine voie, sur les trottoirs, en stationnement gênant, en stationnement autorisé, dans l'enceinte de l'établissement. On applique un taux de stationnement en double file qui dépend de la densité d'activité de la zone.

2/ la capacité de la voirie (nombre de voies roulantes) : l'arrêt d'un véhicule en pleine voie aura un impact beaucoup plus fort sur une rue comportant une seule voie que sur une rue comportant des possibilités de dépassement. Cette différenciation n'est pour l'instant pas prise en compte dans le modèle.

3/ la taille du véhicule, son encombrement (mesuré en Equivalent Voiture Particulière, EVP) : on considère de manière normative que l'encombrement d'un camion articulé représente 2,5 EVP, un camion porteur 2 EVP, un véhicule utilitaire léger ($\leq 3,5T$) 1,5 EVP.

L'encombrement des voies de circulation par les véhicules de livraison est dépendant de l'ensemble de ces paramètres.

Graphique 13. Durée d'un arrêt selon le type de véhicule et le nombre de points livrés dans une tournée



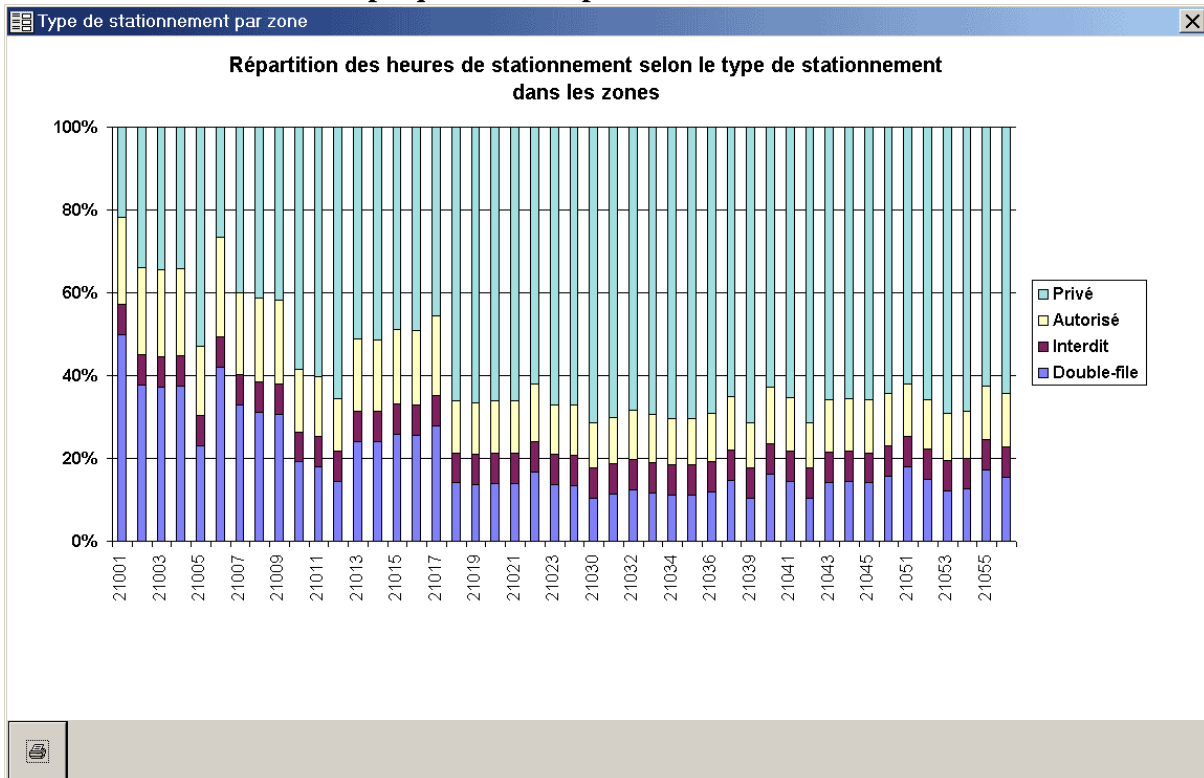
Les résultats :

Quatre types de stationnement sont distingués :

- le stationnement en double file, dont l'impact est le plus pénalisant. En effet, non seulement il réduit parfois de manière importante la capacité de voirie, mais encore, peut provoquer des perturbations importantes sur les vitesses des véhicules (utilitaires et particuliers). Il occasionne indirectement une surconsommation de carburant et une augmentation des nuisances sur l'environnement,
- le parking privé dans l'enceinte des établissements, qui dépend du type d'activité,
- le stationnement autorisé (emplacement réservé, payant ou non, parking public),
- le stationnement interdit non gênant pour la circulation.

La durée d'occupation de la voirie par zone est exprimée en heures-véhicules ou en heures*EVP par semaine, selon les quatre types de stationnement précédents.

Graphique 14 : exemple de résultat du modèle



La part de chacun de ces types dépend de la densité d'activité de chaque zone.

Les courbes de référence de la durée de stationnement peuvent être déformées suivant différentes variables de sensibilité.

Les variables de sensibilité :

On relève un nombre significatif de variables pouvant influencer sur la durée de stationnement.

- le conditionnement de la marchandise : à poids équivalent, la durée du chargement ou du déchargement des marchandises dépend de leur conditionnement et de l'usage de moyens de manutention. Par exemple, une palette est chargée ou déchargée en cinq minutes à l'aide d'un transpalette alors que des cartons d'un poids total équivalent prennent en moyenne quatre ou cinq fois plus de temps au chargement ou au déchargement,
- les facilités de chargement et de déchargement des véhicules (véhicules adaptés, aménagements (quais, sas, rampes, ...)) : ils assurent une meilleure accessibilité à l'établissement,
- le poids de la marchandise : à conditionnement identique, plus une marchandise est lourde plus le temps de manipulation est long,
- la nature de l'activité génératrice : les activités dirigent le type de marchandises émises ou reçues, donc leur poids et leur conditionnement,
- la localisation de l'activité génératrice : plus la densité d'activité est forte, plus les opérations de chargement ou de déchargement sont effectuées hors des établissements et en pleine voie ("double file"),
- la réglementation et ses modalités d'application (respect ou non des emplacements réservés, règles de stationnement favorisant ou non les livraisons) jouent sur le taux de stationnement illicite.

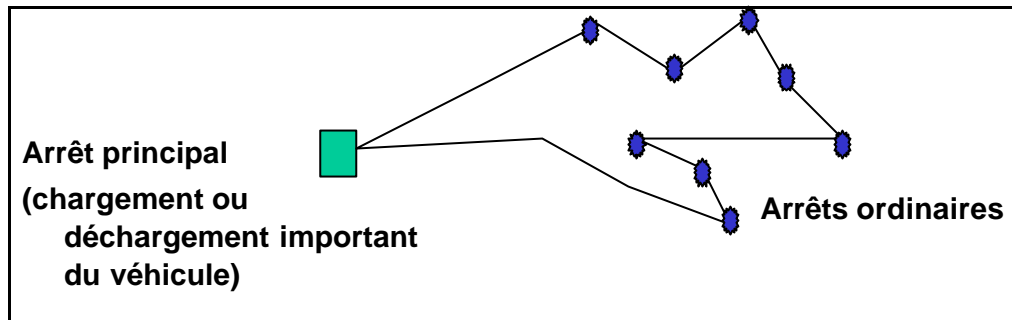
D/ L'occupation de la voirie par les véhicules en circulation

Elle est mesurée au point de la génération du flux qu'est l'établissement livré ou enlevé. C'est la distance parcourue entre deux arrêts d'une tournée qui est prise en compte. La somme des longueurs de trajet qui touchent chaque point de livraison est calculée pour chaque zone.

Les variables caractéristiques :

On distingue dans une tournée les points de livraison principaux des points de livraison ordinaires :

Figure 6. Les deux principaux types d'arrêts d'une tournée



La **distance parcourue entre deux arrêts ordinaires** dépend essentiellement :

- du nombre d'arrêts du parcours,
- de la densité d'opérations de la zone de l'arrêt de fin du trajet,
- du type de véhicule,
- du mode de gestion,
- de la densité d'activité (et d'opérations de livraison/enlèvement) de la zone dans laquelle se trouvent les arrêts ordinaires.

La **distance générée par un arrêt principal** dépend plus particulièrement :

- de la proximité de la zone à l'hypercentre de l'agglomération (exprimée par des distances de contiguïté entre centroïdes de zone), pour les arrêts principaux,
- mais aussi du type de véhicule, et du mode de gestion.

Deux arrêts d'une même tournée sont en moyenne quatre fois plus proches en hypercentre qu'en périphérie. Ce n'est pas le cas pour les traces directes qui ne connaissent qu'un écart de 50 % :

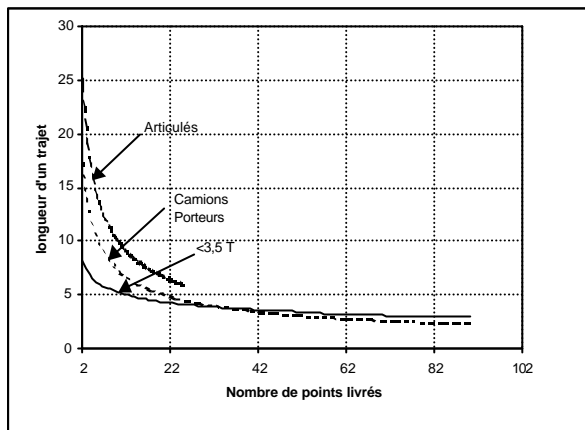
Tableau 12. Distance moyenne entre deux arrêts selon les couronnes et le type de parcours (source : enquête Marseille)

Couronnes	Traces Directes	Tournées
HyperCentre	12 km	2,5 km
Ville-centre	11 km	3,5 km
Banlieue	18 km	6 km
Périurbain	16 km	8,5 km

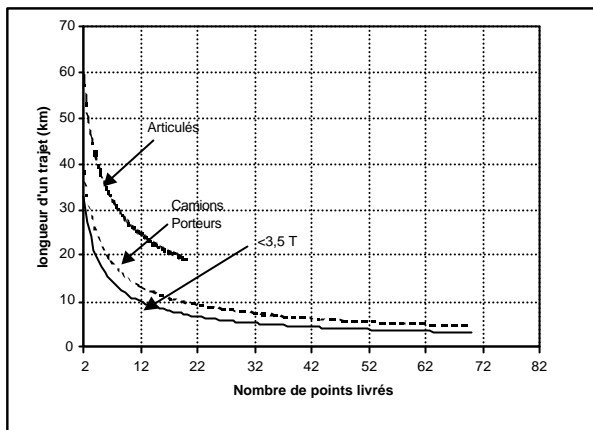
L'**impact de la circulation** des véhicules de livraison sur le reste du trafic dépend non seulement du nombre de véhicules mais aussi de leur taille.

Les proportions des différents types de véhicules et modes de gestion sont connues à partir du module A/ de génération. Les enquêtes ont permis de calculer les fonctions de répartition des tournées et des opérations selon le nombre d'arrêts. Il est ainsi possible de calculer la distance totale parcourue par chaque type de véhicule, nécessaire pour assurer l'approvisionnement d'une zone.

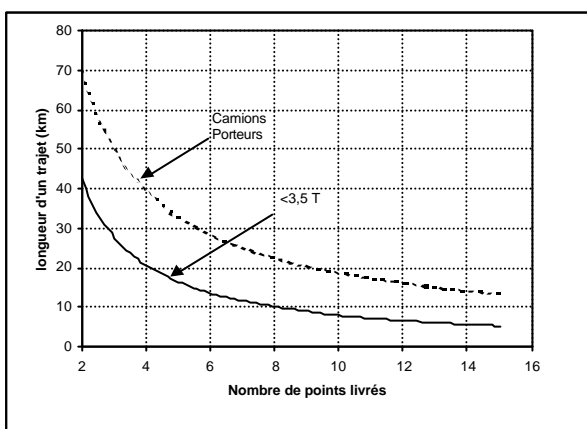
Graphique 15. Répartition et distances des trajets selon le type de véhicule et le mode de gestion



Compte d'autrui



Compte propre expéditeur



Compte propre destinataire

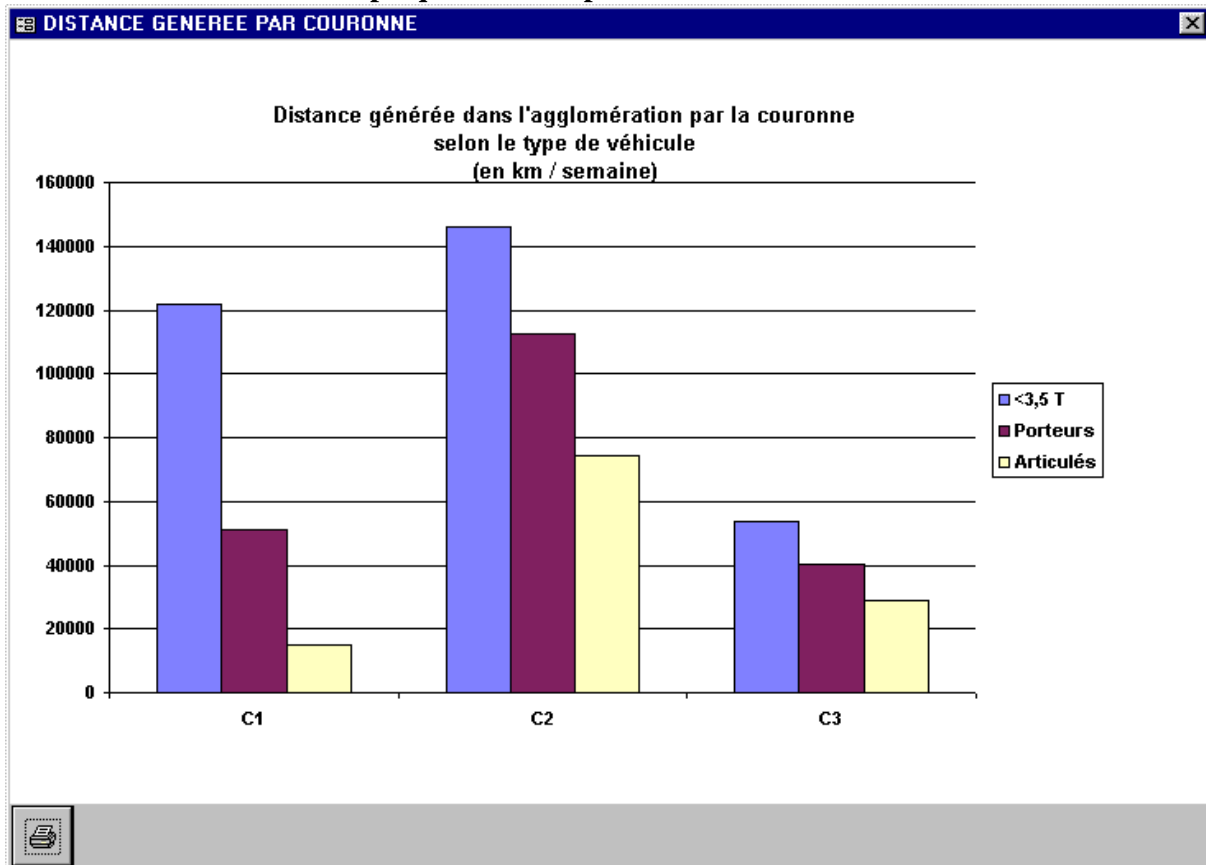
Source : enquêtes nationales TMV, LET

Les résultats :

On en déduit une mesure de l'occupation de la voirie générée par l'activité d'une zone :

L'occupation de la voirie par la circulation des TMV est mesurée par le nombre de kilomètres (Km) ou le nombre de kilomètres-équivalent voiture particulière (Km*EVP) généré par les activités de chaque zone.

Graphique 16 : exemple de résultat du modèle



Les variables de sensibilité :

Trois variables de sensibilité peuvent modifier l'occupation de la voirie.

- le type de conditionnement de la marchandise oriente le choix du type de véhicule et la taille des tournées.
- la substitution de certains types de véhicule par d'autres modifie le nombre et la part de chacun dans l'occupation de la voirie,
- la réglementation d'usage de la voirie : les limitations de tonnage ou de gabarit orientent l'usage des différents types de véhicule, ce qui a un impact sur l'occupation de la voirie en Km*EVP réalisés.

E/ L'occupation instantanée de la voirie par les véhicules en circulation et en stationnement

L'occupation instantanée est mesurée au point de l'établissement livré ou enlevé. Nous calculons ici une occupation de la voirie en heure de pointe des livraisons. Celle-ci dépend des heures d'ouverture des établissements. Elle est différente selon les activités desservies et le type de véhicule utilisé.

Les variables caractéristiques :

Les variations de l'occupation de la voirie selon l'heure de la journée dépend :

- de la répartition horaire des opérations selon l'activité : la ville-centre est desservie plus tard que la périphérie, du fait de sa spécialisation commerciale, les plates formes sont en pleine activité très tôt le matin, alors que les commerces sont touchés beaucoup plus tard, avec des heures d'ouverture plus tardives.

- de la répartition horaire selon le type de véhicule : la taille du véhicule a tendance à connaître une fonction inverse de la densité d'activité et d'opérations par zone. Logiquement, en raison de facteurs d'efficacité économique, les véhicules plus importants (articulés) sont davantage utilisés pour les opérations dans les zones périphériques où sont localisés les entrepôts et plates-formes et les véhicules utilitaires ($\leq 3,5T$) pour les tournées en hypercentre desservant les petits commerces.

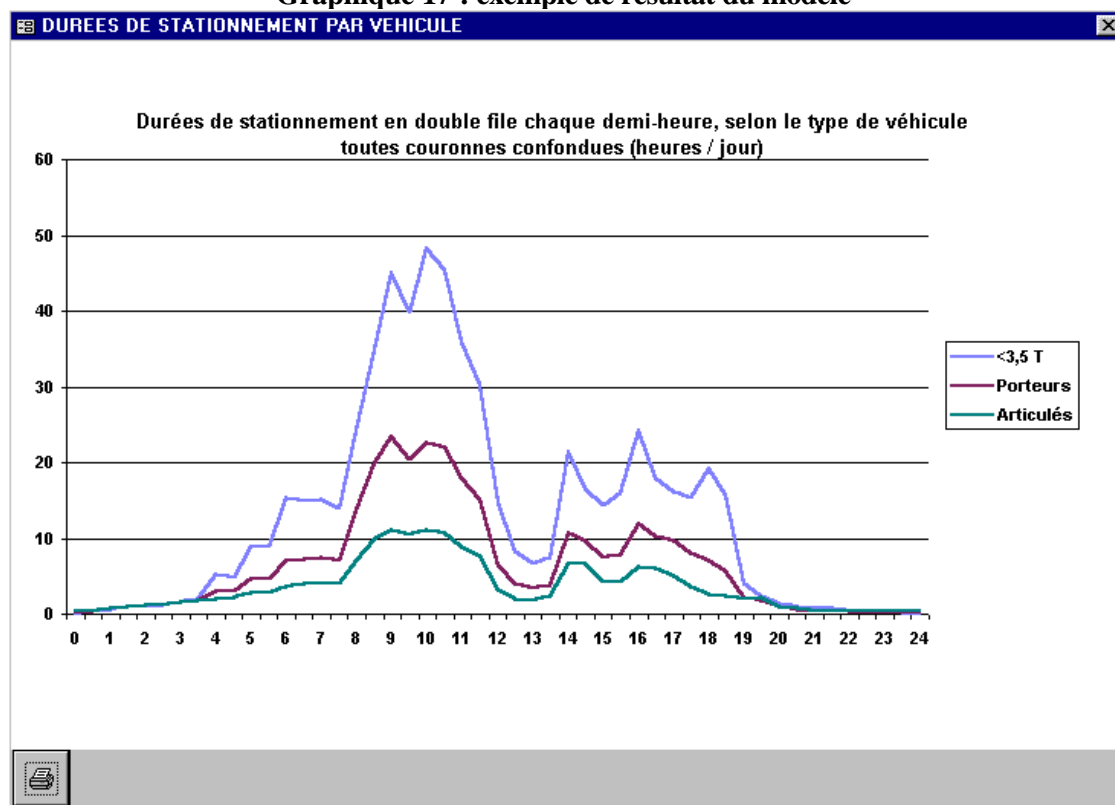
Ainsi, ces deux caractéristiques sont corrélées entre elles, en fonction de la spécialisation fonctionnelle de l'espace.

Les résultats :

Trois profils horaires sont exprimés selon le type de véhicule et la couronne géographique :

- profil des opérations de livraison ou d'enlèvement,
- profil des durées d'occupation de la voirie,
- profil des kilomètres générés.

Graphique 17 : exemple de résultat du modèle



Les variables de sensibilité :

Deux variables peuvent engendrer des variations dans l'occupation instantanée de la voirie.

- les modifications d'horaires d'ouverture des établissements infléchissent la position et l'étalement de la pointe des livraisons,
- la réglementation horaire pour l'accès à certaines zones sensibles peut également intervenir dans le souci d'un meilleur partage de la voirie.

NB. Les profils horaires produits par ce module sont une illustration assez approximative des rythmes de l'activité du TMV. En effet, ils sont construits par moyennes mobiles sur le comportement moyen des différentes activités observé sur trois villes et ne reproduisent pas la spécificité liée par exemple au jour de la semaine, à la saison ou au climat. Ces courbes doivent donc plutôt être lues en comparaison les unes aux autres et non de manière absolue.

V-4 Les politiques et les mesures prises en compte²⁴

La puissance de diagnostic d'un modèle réside non seulement dans sa capacité à décrire précisément la réalité, mais aussi à procurer aux décideurs des éléments de simulation des effets des mesures envisagées. Bien que l'outil existant ne permette pas de réaliser un grand nombre de simulations, nous décrivons ici les différentes mesures qui seront susceptibles d'être simulées à l'aide de cet outil. Nous en avons distingué quatre types.

Les actions sur le système logistique

Actions sur les modes d'organisation

Il s'agit ici d'actions coopératives visant simultanément à améliorer la rentabilité et les conditions de réalisation des livraisons urbaines et à limiter leurs effets néfastes sur l'environnement (congestion, émission de polluants et bruit). Elles peuvent faire l'objet d'incitations de la part de la collectivité. De telles mesures viseront par exemple à rapprocher les points de livraison en favorisant les échanges de colis entre les opérateurs de transport d'un même territoire. Une telle action nécessite une nouvelle organisation logistique fondée sur une confiance mutuelle des différents opérateurs entre eux et avec leurs clients. Ces actions sont à rapprocher des expérimentations de centres de distribution urbains (CDU) ou plus généralement les espaces logistiques urbains, qui induisent à des niveaux divers une nouvelle organisation logistique.

Nouveaux choix techniques :

- nouveaux carburants et modes de traction : véhicules électriques et carburants « propres ».
 - Une correction de la nature du parc permet de simuler l'impact des différents choix techniques sur les émissions de polluants, la consommation d'énergie et sur le bruit, sur la base des Km*EVP produits.
- gabarits de véhicules mieux adaptés aux livraisons urbaines.
 - Cela implique la définition de règles de substitution des flux entre les différents types de véhicules selon les types de marchandises transportées.
- nouveaux équipements de chargement ou de déchargement (moyens de manutention embarqués, fixes ou non).

Tableau 13. Actions sur l'organisation logistique

Objectif	Nature de la mesure	Variable de sensibilité	Indicateur affecté
Réduction de la distance parcourue	Incitation de la collectivité : action coopérative et CDU	<ul style="list-style-type: none"> - Part du compte d'autrui. - Augmentation de la taille des tournées 	Réduction des Km*EVP
Réduction de la durée de stationnement	Promotion d'un type de véhicule adapté aux livraisons urbaines	<ul style="list-style-type: none"> - Correction des fonctions de durée des arrêts sur le segment d'offre concerné - Modification des tailles de tournée 	Réduction des H*EVP
	Promotion de nouveaux équipements de chargement et de déchargement		
	Nouveaux aménagements pour faciliter l'accessibilité aux établissements (emplacements privés, sas, rampes, quais, ...)		

²⁴On trouvera une justification du choix de ces mesures dans D. Patier (2000), pp.125-144.

Les scénarios de localisation

Deux principales actions sont mesurables :

- l'étalement des activités.
- la localisation des plates-formes,

Tableau 14. Actions sur les localisations

Objectif	Nature de la mesure	Variable de sensibilité	Indicateur affecté
Maîtrise de l'étalement urbain	Plans d'urbanisme	Délocalisation et substitution des établissements	H*EVP et Km*EVP (réduction de l'occupation de la voirie)
Développement économique	Localisation des plates formes		H*EVP et Km*EVP (réduction ou augmentation ?)

L'impact de l'évolution de la densité d'activité de chaque zone sur l'occupation de la voirie du TMV peut être simulé de cette façon.

Le recentrage de la grande distribution et la création de CDU, qui procèdent également des jeux de localisation, sont traités dans la partie aménagement urbain.

Les actions réglementaires

Ces actions ont des effets sur d'autres types d'action, notamment l'aménagement urbain.

- limitations d'accès à certaines voies ou quartiers, selon leur gabarit, leur tonnage ou selon l'heure,
- réglementation relative à l'usage de véhicules "propres",
- réglementation sur le stationnement,
- plans d'occupation des sols.

Tableau 15. Actions réglementaires

Objectif	Nature de la mesure	Variable de sensibilité	Indicateur affecté
Limitations d'accès à certaines voies ou quartiers, selon le gabarit ou le tonnage	Réglementation de police	Substitution de certains types de véhicule selon les marchandises	Réduction ou augmentation des H*EVP et des Km*EVP
Aménagements obligatoires pour l'accueil des marchandises	Plans d'occupation des sols. Obligation de réserve sur site	Correction des fonctions de durée des arrêts sur le segment d'offre concerné	Réduction des H*EVP
Réglementation en faveur de l'usage de véhicules "propres".	Horaires réservés aux véhicules « propres »	Substitution de certains types de véhicule Répartition horaire	Réduction ou augmentation (?) des Km*EVP et H*EVP.

Les actions d'aménagement urbain

Ces actions sont souvent évoquées conjointement aux contraintes réglementaires.

- aménagement de la voirie afin d'améliorer le chargement et le déchargement de la marchandise : emplacements de livraison, amélioration de l'accessibilité physique aux magasins, ...
- partage de la voirie,
- création d'un CDU,
- urbanisme commercial :
 - recentrage de la grande distribution,
 - promotion du commerce de proximité.

Tableau 16. Actions d'aménagement urbain

Objectif	Nature de la mesure	Variable de sensibilité	Indicateur affecté
Urbanisme commercial	Recentrage de la grande distribution	Délocalisation et substitution de certains établissements commerciaux	H*EVP et Km*EVP (réduction de l'occupation de la voirie)
Recentrage des activités	Création de Centres de Distribution Urbains	Modification de la logistique des filières concernées	H*EVP et Km*EVP (réduction/augmentation de l'occupation de la voirie)
Amélioration des conditions de livraison	Aménagements de voirie	Correction des fonctions de durée des arrêts sur la zone concernée	Réduction des durées de livraison (H*EVP)

En l'état actuel de la connaissance, il apparaît très hasardeux de tenter de mettre en œuvre certaines de ces simulations.

Les effets des localisations des établissements peuvent être calculés, dans la mesure où le comportement du système de transport est fortement lié à la fois à la nature des activités mais aussi à la forme urbaine (en particulier la densité d'activité par zone). Il n'en va pas de même pour d'autres types de simulation. Prenons deux exemples :

Une nouvelle réglementation restrictive pour l'usage de certains véhicules dans une zone peut engendrer non seulement leur éviction de cette zone mais aussi le basculement de l'usage d'un type de véhicule vers un autre et, à plus long terme, d'éventuelles mutations dans les activités de la zone. Cela suppose de nombreuses hypothèses assez hasardeuses pour traduire ces hypothèses en variables de commande dans le modèle.

Une nouvelle organisation logistique peut induire des substitutions de modes d'organisation, faisant par exemple basculer le compte propre en compte d'autrui, avec des conséquences en termes de parcours, privilégiant l'organisation en tournées longues et ainsi permettant de rationaliser la distribution des marchandises en termes de distances. Ici encore, la transcription dans le modèle est complexe, du fait que de nombreux paramètres sont corrélés entre eux (type de véhicule, mode de gestion, type d'organisation, ...).

V-5 Les prolongements du modèle

La distinction par zone du trafic interne et du transit de zone

Les aménageurs peuvent avoir besoin de connaître l'impact du trafic qui traverse une zone particulière, sans s'y arrêter. Cette décomposition est utile lorsqu'il s'agit de confronter le trafic généré par les livraisons avec les autres segments de trafic sur un même espace. Il s'agit alors de distinguer le transit de zone et le trafic qui est généré par la zone elle-même. Grâce aux modules précédents, le trafic généré par zone peut être calculé pour chaque type de véhicule. Cette distinction est déterminante pour comprendre l'implication de chaque type de zone dans le trafic de marchandises concernant une agglomération mais aussi les effets négatifs du transport supportés par des zones sans que celles-ci soient à l'origine du trafic.

Comme indiqué en V-3 D, le trafic généré par une zone dépend des différents types de parcours qui la desservent. Chaque type de parcours est défini par la taille de la tournée et le type de véhicule, ce qui détermine une fonction de répartition des trajets générés par la zone selon leur longueur. La longueur totale des trajets générés par une zone dépend :

- de la densité d'activité et de la taille de chaque zone,
- de la probabilité des établissements de différentes activités d'être desservis par une même tournée. Les tournées sont plus ou moins spécialisées en termes d'activités desservies, selon le nombre de points touchés. Comme la distance entre deux arrêts dépend de la taille de la tournée, on en déduit une mesure de probabilité pour que deux activités situées à une distance donnée soient desservies par la même tournée,
- de la forme et de la hiérarchisation du réseau (les gros véhicules empruntent surtout le réseau structurant, les plus petits utilisent le réseau complet).

Ces différents éléments et relations devraient permettre, moyennant une combinatoire assez lourde, de répartir les kilomètres générés par une zone sur les zones avoisinantes, selon les critères précédents.

Cette procédure n'a pas donné jusqu'à présent des résultats satisfaisants. C'est pourquoi nous ne proposons pas de calcul de transit de zone dans cette première version du modèle.

Les trafics générés par les déplacements achat

Un second prolongement porte sur le développement d'un module de calcul des véhicules*kilomètres générés par les déplacements d'achat.

L'enrichissement du jeu de simulations

Un premier prolongement fait référence à l'utilisation des résultats d'expérimentations sur l'organisation des transports de marchandises en ville dans le modèle FRETURB au sein des différents scénarios de simulation. Plusieurs expérimentations sont en cours, notamment depuis 1998 dans le cadre du programme national (Gérardin 2001). D'autres sont en cours d'initiation dans le cadre du PREDIT (action fédérative sur les espaces logistiques urbains). Nous attendons du suivi et de l'analyse avant/après de ces expérimentations un certain nombre de réponses sur les effets attendus de chaque mesure testée ainsi que sur les clés de substitution entre modes de gestion et entre modes d'organisation (types de véhicules par exemple). Il est envisagé d'alimenter les processus de simulation du modèle à partir de ces résultats.

V-6 Mise en œuvre du modèle FRETURB V1

Nous pouvons d'ores et déjà mettre en œuvre les modules de génération et d'occupation de la voirie sur des bases cohérentes. Un CD-ROM diffusé par le Laboratoire d'Economie des Transports²⁵ permet, sur la base d'un fichier d'établissements de type SIRENE et d'un fichier décrivant les zones correspondantes, de retranscrire un état de l'occupation de la voirie par zone tel que présenté au chapitre précédent.

La préparation des fichiers d'entrée nécessaires à la mise en œuvre du modèle requiert beaucoup d'attention. En revanche, l'exécution des calculs est particulièrement simple et rapide. Cependant, la démarche de simulation exposée dans les pages précédentes n'est pas totalement opérationnelle. En effet, il s'agit de formaliser certaines variables de sensibilité, notamment les fonctions de probabilité des activités d'appartenir à une même tournée ainsi que les procédures de substitution d'un véhicule par un autre, d'un mode de gestion par un autre etc. Pour ces dernières, une expertise au cas par cas avec les techniciens et l'ensemble des acteurs de la profession s'avère nécessaire : du chargeur au destinataire, du chef d'entreprise de transport au chauffeur livreur. Malgré ces réserves, un certain nombre de simulations des transformations en cours sont rendues possibles sur la base d'hypothèses de comportement des acteurs relativement à ces transformations. Dans un univers de choix sous contraintes de coûts (temps et espace), cet outil doit trouver son utilité en permettant une comparaison de l'efficacité de mesures concurrentes vis à vis des objectifs à atteindre. Les expérimentations en vraie grandeur de certaines des mesures envisagées en cours d'élaboration en France représentent également un complément très utile, notamment pour mesurer la sensibilité des acteurs aux mesures testées et pour en évaluer le coût de réalisation. La version actuelle du logiciel est donc une première étape qui sera complétée par un module de simulation plus complet dans les versions à venir.

Le modèle et son mode d'emploi sont fournis sur CD-ROM. Il a la forme d'un fichier exécutable compressé qui doit être installé sur disque dur. Pour mettre en œuvre le modèle de génération des achats, l'outil Excel (Microsoft) est nécessaire. Voici une description résumée de sa mise en œuvre :

Les fichiers à importer

Deux fichiers doivent être construits : un fichier d'établissements (par exemple NOTICE) et un fichier de zones (par exemple ZONE). Ces fichiers peuvent avoir l'un des formats suivants :

1. excel (NOTICE.xls, ZONE.xls)
2. dbase (NOTICE.dbf, ZONE.dbf)
3. tables NOTICE et ZONE d'une base de données access (BETAVILLE.mdb par exemple)

Le fichier d'établissements :

Il est construit sur le modèle d'un extrait des notices complètes des fichiers SIRENE. Cette opération est très simple pour les fichiers SIRENE de l'INSEE.

²⁵ Pour les conditions d'accès à ce logiciel, vous pouvez envoyer un message à : freturb@let.ish-lyon.cnrs.fr

Attention !

- Pour certains grands groupes ou établissements du secteur public, c'est l'effectif de l'entreprise entière qui est indiqué dans le fichier SIRENE. C'est le cas des établissements des collectivités locales, des réseaux EDF. Autrement dit, les établissements répartis sur le territoire communal voient leur effectif concentré en un seul. Il convient donc en préalable de contrôler l'effectif salarié (champ EFETCENT) de ces établissements et plus généralement des établissements de grande taille (plus de 1000 salariés).
- Il est nécessaire de connaître la date du fichier utilisé. En effet, la nature des établissements a vu sa nomenclature appauvrie en 1997. Aussi, il convient de choisir entre deux procédures : avant et après 1997. C'est la procédure d'avant 1997 qui est la plus précise.
- Le détail des informations relatives au contenu du fichier SIRENE et des précautions à prendre en conséquence est décrit dans l'ouvrage « Diagnostic du transport de marchandises dans une agglomération », LET-Gérardin Conseil, DRAST Ed., avril 2000, distribué par le CERTU. Une version électronique en est produite dans le CD-ROM.

Le fichier établissements importé doit contenir impérativement les champs suivants :

Tableau 17. Définition du fichier d'établissements

Nomenclature	Signification	Format	Remplissage	Taille
SIRET	Code SIRET	texte	obligatoire	14
NOMETAB	Nom établissement	texte	facultatif	-
DEPET	Code département	texte	facultatif	2
COMET	Code commune	texte	facultatif	3
LIBCOM	Nom commune	texte	obligatoire	-
APET700	Code activité (700)	texte	obligatoire	4
SIEGE	Siège social (O/N)	texte	facultatif	-
TEFET	Tranche d'effectif	texte	obligatoire	2
EFETCENT	Effectif approché	numérique	obligatoire	-
NATURE	Nature du local	texte	obligatoire	2
NBTOA	Nombre d'établissements dans l'entreprise	numérique	obligatoire	-
ZONE	Code zone TMV	numérique	obligatoire	-
ZONE_EM	Code zone Enquête Ménages	numérique	obligatoire	-

13 champs présents dont 9 obligatoirement informés

Le champ NOMETAB permet d'identifier l'enseigne de l'établissement. Il peut être déterminé à partir des champs NOMET (nom de l'établissement) et/ou NOMEN (nom de l'entreprise) et/ou SIGLE (enseigne) du fichier SIRENE.

Le fichier SIRENE d'import doit impérativement comporter **deux champs relatifs aux zones qui doivent être informés pour tous les établissements** :

- ZONE désigne le code du zonage de l'agglomération pour l'analyse du transport de marchandises en ville (TMV) et l'affichage des résultats.
 - ZONE_EM désigne le codage du zonage de l'enquête ménages sur lequel le modèle de génération des approvisionnements des particuliers au lieu d'achat est calibré.
- Chaque ZONE (TMV) doit être incluse dans une et une seule ZONE_EM.

Le fichier de zones :

Le fichier de zones importé doit contenir impérativement les champs suivants (avec le nom orthographié exactement) :

Tableau 18. Définition du fichier zones

Nomenclature	Signification	Codage	Remplissage	Format
ZONE	Code zone TMV		Obligatoire	Numérique
ZONE_EM	Code zone EM	Si hors aire EM : imposé non vide = 99	Obligatoire	Numérique
MACROZONE_EM	Code macro-zone Enquête Ménage	Si hors aire EM : imposé non vide = 99	Obligatoire	Numérique
COURONNE	Couronne	≤ 5. codes imposés : C1-C2-C3-C4-C5 (C1 désigne l'hypercentre)	Obligatoire	Texte
NOMZONE	Nom de zone TMV		Facultatif	Texte
LIBCOM	Nom de commune		Obligatoire	Texte
SUPERFICIE	Superficie de la zone TMV	Km ²	Obligatoire	Numérique
POPULATION	Sur zone TMV	Nombre d'habitants	Obligatoire	Numérique
TXMOTOR ⁽¹⁾	Taux de motorisation sur zone EM	Nombre moyen de VP par ménage	Obligatoire	Numérique
HA_ORI ⁽¹⁾	Déplacements d'achat (motif à l'origine) par Zone EM	Nombre de déplacements	Obligatoire	Numérique
PART_HAVP ⁽¹⁾	Part de la VP sur MACROZONE_EM pour les déplacements d'achat	Conducteur et passager (pourcentage)	Obligatoire	Numérique
DISTZONECENTRE	Vol d'oiseau sur zone TMV	Mètres	Obligatoire	Numérique

12 champs présents dont 11 obligatoirement informés

⁽¹⁾Le calcul des variables TXMOTOR, HA_ORI et PART_HAVP est détaillé dans l'annexe technique consacrée au module achat [Annexe 1/Module 1B/A-Information du fichier ZONE importé].

Attention !

Contrôles de cohérence des fichiers :

- Plusieurs découpages géographiques sont nécessaires dans le modèle. Il est important de veiller à l'imbrication exacte des différents zonages : le plus fin (zones TMV sur lequel sont exprimés les résultats du modèle), le zonage standard (zones Enquête-Ménages pour le calibrage du modèle de génération des achats) et le macro-zonage (Macro-Zones de l'Enquête-Ménages pour le calibrage du modèle de répartition modale).

⇒ Zone TMV **⊆** Zone EM **⊆** Macro-Zone EM²⁶

⇒ Les zones TMV extérieures au périmètre de l'enquête ménages doivent être codées :
ZONE_EM = 99.

Par ailleurs, il convient de veiller à ce qu'une zone TMV n'appartienne qu'à une seule couronne et à une seule commune.

⇒ Zone TMV **⊆** Couronne

⇒ Zone TMV **⊆** Commune

²⁶ Cela signifie ici qu'une zone TMV est impérativement incluse dans une seule ZONE_EM qui elle-même est incluse dans une seule MACROZONE_EM.

Il est également nécessaire que l'association entre les variables ZONE (Zone-TMV) et LIBCOM (commune) dans le fichier SIRENE respecte l'appartenance de chaque Zone-TMV à chaque commune du fichier ZONE.

- Les déplacements d'achat générés par la zone sont les déplacements comptabilisés au lieu d'achat, c'est à dire qui ont pour motif à l'origine « achats ».

- Lorsqu'il n'est pas possible de calculer le taux de motorisation à partir des données de l'enquête-ménages (zones TMV extérieures à l'aire d'étude de l'enquête-ménages : ZONE_EM=99), l'utilisateur doit impérativement renseigner ce champ : par exemple par le calcul de la moyenne des taux de motorisation des zones limitrophes.

- Pour le calcul des distances au centre de l'agglomération, ce dernier est défini comme le centroïde de l'hypercentre et les distances sont des distances euclidiennes (à vol d'oiseau) exprimées en mètres. Pour l'hypercentre, la distance au centre ne doit pas être nulle et est calculée par la formule suivante : $\frac{1}{2} \cdot \sqrt{S}$, avec S : superficie de la zone (cf. J.P. Nicolas, 2000).

- Si le champ ZONE_EM est vide, le module de génération des approvisionnements des particuliers au lieu d'achat est inopérant.

Les différentes étapes de la mise en œuvre

L'utilisateur suivra les étapes ci-après :

- l'importation des fichiers ou la reprise d'une application antérieure,
- la construction du scénario de référence, auquel un nom différent peut être donné pour chaque application.
- l'exécution des différents modules :
 - Module 1A : génération des opérations de livraison/enlèvement. Celle-ci est exprimée sur une zone TMV, une commune ou une couronne, selon les grands types d'activité, le mode de gestion (compte propre ou compte d'autrui), le type de véhicule ($\leq 3,5T$, camions porteurs, articulés), le mode d'organisation (traces directes ou tournées).
 - Module 1B : génération des approvisionnements des particuliers au lieu d'achat. Ce module donne une estimation spatialisée (zone EM) des déplacements tous modes et VP effectués par les particuliers pour l'enlèvement de leurs achats (déplacements qui suivent directement la réalisation d'un acte d'achat).
 - Module 2 : L'occupation de la voirie par les véhicules à l'arrêt. Les résultats sont présentés sous la forme d'une durée totale d'arrêt par type de véhicule et par type de stationnement (illicite gênant la circulation/en parc privé) sur une zone TMV.
 - Module 3 : L'occupation de la voirie par les véhicules en circulation
 - Module 4 : Les volumes de trafic en heure de pointe.
- la construction de scénarios de simulation. Cette étape est en cours de développement. Elle ne permet dans la version 1 du modèle d'introduire qu'un scénario de localisation des établissements selon la zone et le type d'activité.

ANNEXE : DESCRIPTION TECHNIQUE DES DIFFERENTS MODULES

Liste des codes des variables indicées dans les formules

N	Nombre des opérations ou mouvements (livraison/enlèvement)
F	Fréquences d'opérations
P	Principal (mouvement, chargement, trajet)
L	Ordinaire (mouvement, chargement, trajet)
TOUR	Tournée
TD	Trace directe
DMVT	Densité d'opérations (ou de mouvements)
DPOP	Densité de population
DEMP	Densité d'emploi
Emp	Emploi
Hbts	Habitants
EtabcomAutres	Autres établissements commerciaux
GS	Grandes surfaces
TGS	Très Grandes Surfaces
Δ	Durée d'arrêt
CENT	Distance au centre
LONG	Longueur, distance moyenne des trajets
HA-ORI	Déplacements tous modes dont le motif à l'origine est achat
HA-ORI-VP	Déplacements d'achat réalisé en VP (conducteur/ passager)
%HA-ORI-VP	Part des déplacements d'achat réalisés en VP
TxM	Taux de motorisation
o	Type d'opération (L ou P)
a	Type d'activité en 116 strates (ST116)
α	Type d'activité en 8 strates (ST8)
r	Répartition fonctionnelle des activités en 2 classes (basique/appoint)
i	Taille de tournée en 7 classes
g	Mode de gestion (CA, CPE, CPD)
v	Véhicule ($\leq 3,5T$, Porteur, Articulé)
z	Zone TMV
z_em	Zone enquête ménages
mz_em	MacroZone enquête ménages
c	Couronne
t	Type de chargement (L ou P)
h	Heure
δ	Stationnement illicite gênant la circulation (double file ou pleine voie)
ρ	Stationnement en parc privé
μ	Stationnement autorisé
λ	Stationnement interdit

Module 1A : La génération des opérations de livraison ou enlèvement

Important : La génération des opérations de livraison/enlèvement dans une agglomération est décrite en détail dans l'ouvrage « Diagnostic du transport de marchandises dans une agglomération », LET, Gérardin Conseil, DRAST Ed., avril 2000, distribué par le CERTU (logiciel de génération LOGISTMV). Nous recommandons vivement de lire le chapitre 4 de cet ouvrage : "Comment calculer la génération des mouvements : mode d'emploi du CD-Rom", pp. 37 à 58. Seule la mise en œuvre du nouveau CD-Rom a été modifiée.

A l'issue de ce module, les résultats suivants sont obtenus :

- le nombre d'opérations de livraison et enlèvement dans chaque zone TMV,
- leur répartition par zone et par type de véhicule ou par mode de gestion (compte d'autrui, compte propre expéditeur, compte propre destinataire) ou par mode d'organisation (tourné ou trace directe), ou encore par type d'opération (réception et expédition).

Deux fichiers peuvent être exportés :

- *tblSIREXTRA* : fichier d'établissements enrichi par les données de génération. Celui-ci peut être utilisé pour des traitements extérieurs au modèle (dans un Système d'Information Géographique par exemple).
- *tblST116* : fichier de zones sur lesquelles sont calculées les statistiques de génération, selon 116 types d'établissements. Ce fichier est utilisé comme base de référence dans les modules 2 et suivants. Les 116 types d'activité sont décrits dans l'ouvrage « Diagnostic du transport de marchandises dans une agglomération », pages 48-50.

Module 1B : La génération des déplacements VP « achat »

Les déplacements calculés par ce module de génération sont des déplacements effectués en voiture particulière (conducteur et passager) au lieu d'achat. ils ont donc pour motif à l'origine l'« achat ».

Le calcul de la génération des déplacements VP « achat » se déroule en deux grandes étapes :

1/ calcul par zone des déplacements qui ont pour motif à l'origine « achat » sur la base de quatre variables caractéristiques :

- nombre d'emplois dans les très grandes surfaces ($\geq 2500 \text{ m}^2$) ;
- nombre d'emplois dans les grandes surfaces ($\geq 400 \text{ m}^2$ et $< 2500 \text{ m}^2$) ;
- nombre d'établissements commerciaux, hors grandes et très grandes surfaces ;
- nombre d'habitants.

2/ calcul par zone de la part des déplacements d'achat réalisés en voiture sur la base de trois variables caractéristiques :

- distance au centre de l'agglomération (distance à vol d'oiseau entre centroïdes de zone) ;
- taux de motorisation (nombre moyen de véhicules particuliers par ménage) ;
- présence d'une très grande surface (surface de vente $\geq 2500 \text{ m}^2$).

A chacune des deux étapes, les coefficients de la fonction mise en œuvre sont déterminés par régression linéaire multiple. Les deux fonctions sont calibrées directement par l'utilisateur à partir de données issues de l'enquête ménages-déplacements de l'agglomération considérée.

Conseil :

Dans la mesure où sont utilisées des informations provenant de deux bases de données différentes (fichier SIRENE et enquête ménages-déplacements), il est vivement conseillé de travailler à partir d'une version du fichier SIRENE la plus proche possible de l'année de réalisation de l'enquête ménages.

La procédure de calcul mise en œuvre dans le CD-Rom se déroule en plusieurs temps :

A/ Information du fichier ZONE importé

Afin de compléter le fichier *Zone* informé par ailleurs pour les opérations de marchandises issues des établissements générateurs, l'utilisateur doit déterminer à partir des fichiers de l'enquête ménages-déplacements les données suivantes :

1/ le nombre de déplacements d'achat (HA-ORI)_{z_em} générés par chaque zone du découpage standard (exemple : 25 zones sur Dijon). Pour ce faire, il convient de sélectionner dans le fichier *déplacements* de l'enquête ménages les variables suivantes :

- zone d'origine ;
- motif à l'origine : achat.

2/ la part des déplacements d'achats réalisés en voiture particulière (% HA-ORI-VP)_{mz_em} pour chaque macro-zone. Le calcul du nombre de déplacements d'achat VP (HA-ORI-VP)_{mz_em} générés se fait en sélectionnant dans le fichier *déplacements* de l'enquête ménages les variables :

- zone d'origine ;
- motif à l'origine : achat ;
- mode : voiture conducteur ou voiture passager

(% HA-ORI-VP)_{mz_em} est alors déterminé par le ratio : $(\text{HA-ORI-VP})_{mz_em} / \sum_z (\text{HA-ORI})_{z_em}$

où *z_em* désigne une zone du découpage standard de l'enquête ménages (25 zones sur Dijon) et *mz_em* désigne une macro-zone (agrégation de zones standards).

Les variables (HA-ORI-VP)_{mz_em} et (% HA-ORI-VP)_{mz_em} servent à calibrer les deux fonctions utilisées dans ce module.

Pourquoi recourir à un macro-zonage ?

Pour respecter des contraintes de fiabilité statistique dans l'estimation de la part modale de la voiture dans les déplacements d'achat générés, un nombre minimum de 30 observations (nombre d'achat-VP) est nécessaire dans chaque zone. Le zonage standard ne permet généralement pas d'atteindre un tel seuil et rend donc indispensable le passage à un zonage plus grossier.

3/ le taux de motorisation (TxM)_{z_em}, en calculant à partir du fichier *Ménages*. de l'enquête ménages-déplacements :

- le nombre de ménages (NbMénages)_{z_em} ;
- le nombre total de voitures particulières possédées par les ménages (NbVP)_{z_em}.

(TxM)_{z_em} est alors déterminé par le ratio : $(\text{NbVP})_{z_em} / (\text{NbMénages})_{z_em}$.

B/ Inventaire des établissements commerciaux

Le module crée une table « établissements commerciaux » à partir du fichier SIRENE importé. Les établissements sélectionnés sont ceux susceptibles de générer des déplacements d'achat au sens de ce motif tel qu'il est défini dans les enquêtes ménages : acte d'achat et dépenses de services comme l'entretien ou la réparation d'un véhicule, une visite chez le coiffeur, la pharmacie, le vétérinaire, etc. Les établissements retenus regroupent les 58 codes NAF présentés ci-dessous :

Commerces multiples

NAF	LIBELLE INSEE	CONTENU INSEE
521D	Supermarché	400 / 2500 m2
521E	Magasin populaire	400 / 2500 m2
521F	Hypermarché	>= 2500 m2
521H	Grand Magasin	Non spécialisé, sans prédominance alimentaire >=2500 m2

Commerces alimentaires

NAF	LIBELLE INSEE	CONTENU INSEE
151F	Charcuterie	Préparation à caractère artisanal de produits à base de viande associée à VD des produits préparés
158B	Cuisson/produits de boulangerie	Cuisson associée à VD à partir de pâte surgelée / Préparation et cuisson pizza à emporter / Pas de consommation sur place
158C	Boulangerie - pâtisserie	Fabrication artisanale associée à VD
158D	Pâtisserie	
158P	Transformation du thé et du café	
521A	Produits surgelés	Tous produits surgelés dont glaces alimentaires
521B	Alimentation générale	< 120 m2
521C	Supérettes	120 / 400m2
522A	Fruits et légumes	Fruits et légumes frais
522C	Viande	CD : viande de boucherie, triperie, volaille, lapin, gibier
522E	Poisson/coquillage	Poissons, crustacés, mollusques frais
522G	CD. Pain/pâtisserie/confiserie	Vente confiserie, chocolaterie, pain, pâtisserie / sans fabrication
522J	Boissons	Alcoolisées ou non
522N	Produits laitiers	Lait / beurre / fromage / œufs / produits laitiers frais
522P	Alimentaire spécialisé divers	

CD : Commerce de détail / VD : Vente au détail

Equipement de la personne

NAF	LIBELLE INSEE	CONTENU INSEE
524C	Habillement	Articles d'habillement en étoffe - fourrure / Accessoires du vêtement gants, cravates, ceintures, bretelles
524E	Chaussure	
524F	Maroquinerie / articles voyage	Sans accessoires du vêtement
524V	Horlogerie / bijouterie	CD : montres, articles de bijouterie + orfèvrerie

CD : Commerce de détail.

Equipement de la maison

NAF	LIBELLE INSEE	CONTENU INSEE
524A	Textile	Tissus d'habillement + ameublement / Fil à tricoter + linge de maison + couvertures / CD : Mercerie + mat. Broderie, tapisserie / Bâches, parasols, cabas ... en textile
524H	Meubles	Meubles + sommiers + matelas / Cuisines + salle de bain constatés sur terrain
524J	Equipement du foyer	Luminaires + vaisselle + porcelaine + coutellerie + verrerie + rideaux + voilages + arts ménagers textiles + ouvrages bois, liège vannerie + appareil ménagers divers + cadeaux d'équipement du foyer
524L	Electroménager/Radio/TV	Appareil. électroménager + radio, TV, HiFi, disque, K7, magnétoscope, camescope / CD : Instruments de musique + partitions
524N	Quincaillerie < 400 m ²	Matériaux, matériel de bricolage, quincaillerie, peintures, vernis, émaux, droguerie, verres plat, tondeuse à gazon, matériaux de construction / Cheminées + appareils sanitaires + traitement eau
524P	Bricolage >= 400 m ²	Matériaux, matériel de bricolage, quincaillerie, peintures, vernis, émaux, droguerie, verres plat, tondeuse à gazon, matériaux de construction / Cheminées + appareils sanitaires + traitement eau
524U	Revêtements sols et murs	Tapis, moquettes, plastique, caoutchouc, liège, papiers peints
524X	Fleur / Jardinerie	Fleurs, plantes, graines + Plants de fleurs, légumes, arbres fruitiers ou d'ornement + Engrais et produits phytosanitaires
525Z	Biens d'occasion en magasin	Antiquités + Objets d'art anciens + livres d'occasion dont bouquinistes, dépôt-vente / Autres biens d'occasion, brocante, fripes, meubles, matériaux de démolition

CD : Commerce de détail

Equipement santé-beauté-hygiène

NAF	LIBELLE INSEE	CONTENU INSEE
523A	Pharmacie	Spécialités pharmaceutiques / Préparations magistrales / Médicaments vétérinaires
523C	Art. médicaux et orthopédiques	Prothèse, orthèse, véhicules pour invalides, herboristerie
523E	Parfumerie / Produits Beauté	Parfumerie, produits capillaires, de toilette et de beauté
524T	Optique / Photographie	Articles d'optique médicale ou non / Articles de photographie et de précision / Pellicules photo

Equipement de culture-loisirs-sports

NAF	LIBELLE INSEE	CONTENU INSEE
524R	Livres / Journaux / Papeterie	Dont presse en kiosque + Fournitures bureau
524W	Articles de sport et loisir	Vêt. et chaussures sport + Mat. Sport, camping, pêche, tir, chasse + Bateaux, planches, voile, gréements, cycles
524Z	Commerces divers en magasin spécialisé	Produits non cités ailleurs dont Galerie d'art et la plupart des FNAC, DARTY. Matériel bureaux, ordinateurs, logiciels + Jeux et jouets + Puériculture et landaus + Timbres et pièces de collection + Art. souvenirs, bijoux fantaisies + Objets artisanaux + Art. religieux + Fleurs artificielles + Animaux de compagnie

Auto / moto : commerces et entretien

NAF	LIBELLE INSEE	CONTENU INSEE
501Z	Commerce de véhicules auto.	Vente gros + Détail véhicules neufs + occasion : particuliers, utilitaires, TC, semi et remorques, caravanes, véhicules spéciaux / Entretien réparation toujours associé à la vente
502Z	Entretien et réparation véhicule auto.	Réparation, entretien courant, remorquage
503B	CD. équipements automobiles	Accessoires, pièces détachées, pneus, ...
504Z	Commerce et réparation de moto	Vente gros + Détail moto et accessoires / Vente, entretien, réparation
505Z	CD. carburants	Carburants, lubrifiants, produits pour auto.

CD : Commerce de détail.

Autres commerces divers

NAF	LIBELLE INSEE	CONTENU INSEE
521J	Autre commerce non spécialisé < 2500 m ²	CD non spécialisé sans prédominance alimentaire
522L	Tabac	
524Y	Charbon / combustible	Combustibles solides, liquides, gazeux / Bois de chauffage, charbon de bois

CD : Commerce de détail

Services à caractère commercial (entretien et réparation liée au service et à l'équipement de la personne et de la maison)

NAF	LIBELLE INSEE	CONTENU INSEE
527A	Réparation chaussures et art. cuir	
527C	Réparation de matériel électronique grand public	Rép. TV, radios, HiFi, magnétoscope, caméscope
527D	Réparation appareils électriques à usage domestique	Rép. Appareils électroménagers
527F	Réparation montres et horloges de bijouterie	
527H	Réparation d'articles personnels et domestiques	Rép. Cycles, jouets, art. de sport et camping / Stoppage, remaillage, retouches vêt. Textiles / Services minutes, clefs, talons / Accordeurs instrument de musique / Entretien chaudières domestiques
852Z	Activités vétérinaires	
930B	Laverie, blanchisserie, teinturerie de détail	Laveries automatiques en libre service, blanchisserie + dépôts / Nettoyage vêtements
930D	Salon de coiffure	
930E	Soins de beauté	Soins du visage, de la peau, épilation, manucure, pédicure, ...
930H	Pompes funèbres	
930L	Autres soins corporels	Activités liées au bien-être et confort physique. Solariums, bains, douches, saunas, massage relaxation

C/ Estimation du nombre d'emplois moyen pour chaque établissement commercial

Un nombre d'emplois moyen est affecté à chaque établissement commercial sur la base de son activité codée en 45 strates (ST45) et de sa tranche d'effectif salarié. L'affectation est réalisée sur la base du fichier établissements fourni par l'utilisateur.

Lorsque la tranche d'effectif salarié n'est pas renseignée, on affecte à l'établissement l'emploi moyen de la catégorie à laquelle il appartient (NAF 700).

Conseil :

La procédure mise en œuvre à ce niveau ne permet qu'une estimation d'un nombre d'emplois moyen par établissement. A ce titre, il convient de contrôler, tout particulièrement pour les très grandes surfaces (nature = 23) les nombres d'emplois ainsi déterminés et éventuellement de les corriger sur la base de données d'établissements fournies.

D/ Détermination de la matrice des variables du modèle

Sur la base du découpage retenu, le logiciel affecte à chaque zone les valeurs :

1/ des variables à expliquer :

- Nombre de déplacements d'achat générés (HA-ORI)_{z_em} ;
- Part des déplacements d'achat VP générés (%HA-ORI-VP)_{z_em} ;

2/ des variables explicatives :

- Nombre d'emplois dans les grandes surfaces (EmpGS)_{z_em}, i.e. nature du local = 22, SIRENE avant 1997 / nature du local = 21 ou 22, SIRENE après 1997 ;
- Nombre d'emplois dans les très grandes surfaces (EmpTGS)_{z_em}, i.e. nature du local = 23 ;
- Nombre d'établissements commerciaux autres que les grandes surfaces et très grandes surfaces (EtabComAutres)_{z_em}, i.e. nature du local ≠ 22, 23 ;
- Présence d'au moins une très grande surface (TGS)_{z_em}, codage binaire : (TGS)_{z_em} = 1 ou 0 ;
- Distance au centre (CENT)_{z_em} ;
- Nombre d'habitants (NbHbts)_{z_em} ;
- Taux de motorisation (TxM)_{z_em}.

E/ Calibrage des fonctions du modèle et résultats

A partir des informations contenues dans la table de description des zones, une procédure (régression linéaire multiple – méthode des moindres carrés ordinaires) permet de déterminer automatiquement les paramètres (a1, a2, a3, a4, K, b1, b2, b3) des deux équations du module :

$$(HA-ORI)_{z_em} = a1*(EmpGS)_{z_em} + a2*(EmpTGS)_{z_em} + a3*(EtabComAutres)_{z_em} + a4*(NbHbts)_{z_em}$$

$$(%HA-ORI-VP)_{mz_em} = K + b1*\ln(CENT)_{mz_em} + b2*(TxM)_{mz_em} + b3*(TGS)_{mz_em}$$

Pour les deux équations, la valeur du coefficient de détermination multiple corrigé des degrés de liberté (R^2 d.d.l.) est également calculée. C'est un indicateur de la qualité de l'ajustement réalisé par la régression multiple. Il donne la part de la variance totale de la variable endogène expliquée par l'ensemble des régresseurs (variables explicatives).

A titre indicatif, sur la ville de Dijon, la génération produit un coefficient de détermination $R^2=0,92$ sur les 25 zones, et la répartition modale un coefficient $R^2=0,75$ sur les 10 macro-zones. Au final, le nombre de déplacements VP « achat » générés est alors déterminé automatiquement par simple multiplication :

$$(HA-ORI-VP)_{z_em} = (HA-ORI)_{z_em} * (%HA-ORI-VP)_{z_em}$$

Une fois que les paramètres des fonctions ont été estimés, il est alors possible de simuler l'impact sur la génération des déplacements VP « achat » d'une modification spatiale et/ou organique du tissu commercial (création de supermarchés, d'un pôle commercial de proximité constitué de petits commerces, etc.) en faisant varier les valeurs des variables exogènes concernées.

Module 2 : L'occupation de la voirie par les véhicules de livraison à l'arrêt

La justification du choix des variables caractéristiques

Ce module est calibré à l'aide d'un fichier des 9600 arrêts des parcours décrits par les enquêtes auprès des chauffeurs de Marseille et Dijon. Après apurement, le traitement porte sur 320 traces directes et 830 tournées. Nous ne travaillons que partiellement sur les parcours de Bordeaux, en raison de la non connaissance, dans cette ville, de l'activité desservie à chaque arrêt (les questionnaires auprès des chauffeurs étaient moins complets lors de cette enquête). Deux déterminants essentiels dans le calcul de la durée d'arrêt et de la quantité de kilomètres générés par une zone sont à respecter :

- la quantité de flux généré par chaque zone (très bien expliquée par le type d'activité),
- l'impact du mode d'organisation et de gestion de la tournée : opérateur du transport, taille de la tournée, type de véhicule, type d'opération (réception ou expédition), nature de l'arrêt (opération principale ou livraison/enlèvement ordinaire).

Dans une tournée, on identifie l'opération principale. On entend par chargement principal l'opération qui concentre la plus grande partie du chargement (pour une tournée de distribution) ou de déchargement (pour une tournée de ramasse). Lors de celles-ci, les durées sont en moyenne plus longues que la moyenne des autres arrêts de la tournée. On tiendra compte de la localisation de l'arrêt afin de mesurer les conditions de stationnement (à l'intérieur de l'établissement, puis sur voirie et enfin en pleine voie (illicite)).

On considère donc que trois types d'arrêt sont à considérer pour le calcul des durées d'arrêt :

1. les opérations en trace directe,
2. les opérations principales des tournées,

3. les opérations ordinaires de livraison et de ramasse des tournées.

Trois étapes sont nécessaires dans le calcul des durées par zone et par véhicule :

A/ Le décompte des opérations selon les caractéristiques des établissements et des tournées,

B/ Le calcul de la répartition des tailles de parcours selon les trois types d'arrêts considérés,

C/ Le calcul des durées par zone, type de véhicule et type de stationnement.

A/ Le décompte des opérations selon les caractéristiques des établissements et des tournées

1/ Les **opérations en trace directe** sont calculées dans chaque zone à partir de la table *tblST116* issue du module 1. Pour le calcul de la durée d'arrêt, on distingue le mode de gestion et le type de véhicule.

On obtient ainsi le nombre d'opérations en trace directe selon le mode de gestion et le type de véhicule dans chaque zone :

$$N_{gvz}(TD) = \sum_{\alpha} (\sum_a (N(TD)_{/az} * F_{gv/\alpha}(TD)))$$

où *a* désigne l'activité en 116 types (ST116) et *a* désigne l'activité en 8 strates (ST8).

$F_{gv/a}(TD)$ est disponible sur le fichier *Fagv.xls*. C'est la fréquence des modes de gestion et des types de véhicule selon l'activité *a* (ST8).

$N(TD)_{/az}$, nombre de traces directes par activité et par zone, est calculé à partir de *tblST116* sur chaque zone.

Dans une trace directe, on ne différencie pas le chargement du déchargement puisque l'un et l'autre sont supposés générer sensiblement le même temps d'arrêt. Par ailleurs, il n'a pas été possible d'obtenir l'information sur les durées des deux opérations. Seule la durée de l'opération réalisée entre les deux trajets a été prise en compte.

2/ Les **opérations principales des tournées (P)** sont identifiées par la fonction de répartition

$F(P)_{/ag}(TOUR)$ décrite dans *Typechar.xls*, selon le mode de gestion et l'activité *a* (ST8).

On calcule ainsi :

$$F(P)_{/\alpha gv}(TOUR) = F(P)_{/\alpha g}(TOUR) * F_{v/\alpha g}$$

$F_{v/\alpha g}$ est la fonction de répartition des types de véhicules pour chaque activité *a* (ST8) et chaque mode de gestion *g* parmi les tournées.

Le nombre d'opérations principales parmi les tournées dans une zone est obtenu par :

$$N_{gvz}(P) = \sum_{\alpha} (F(P)_{/\alpha gv}(TOUR) * N(TOUR)_{/\alpha z})$$

$N(TOUR)_{/\alpha z}$ est le nombre d'opérations en tournée pour chaque activité *a* (ST8), calculé à partir de *tblST116* sur chaque zone :

$$N(TOUR)_{/\alpha z} = \sum_a (N_{az} * F(TOUR)_{/a})$$

Où N_{az} est le nombre d'opérations par activité (ST116) dans la zone *z* et $F(TOUR)_{/a}$ est la part d'opérations en tournée dans l'activité *a* (ST116). La somme en est effectuée dans chaque activité α (ST8).

3/ Les **opérations de livraison et de ramasse des tournées (L)** sont dénombrées de la manière suivante :

$$N_{gvz}(L) = \sum_{\alpha} [\sum_{ao} (N_{az} * F(TOUR)_{/a} * F_{go/a} * F_{v/a}) * (1 - F(P)_{/\alpha gv}(TOUR))]$$

La sommation des opérations par rapport aux activités a est effectuée sur les catégories d'activités ST116 puis sur α (ST8).

N_{az} = nombre d'opérations de type a (ST116) dans la zone z est calculé à partir de la table *tblST116* sur chaque zone et $F(TOUR)_{/a}$ est la part d'opérations en tournée dans l'activité a (ST116).

$F_{go/a}$ est la fonction de répartition des modes de gestion et des types d'opération (réception-expédition) dans chaque activité a (ST116).

$F_{v/a}$ est la répartition des types de véhicule dans chaque type d'activité a (ST116).

La quantité $(1 - F(P)_{/\alpha gv}(TOUR))$ désigne la part des opérations non principales en tournée dans chaque activité a (ST8) et chaque mode de gestion g .

B/ La répartition des tailles des parcours

La taille d'un parcours est discrétisée en 7 intervalles dans lesquels les activités sont réparties de manière sensiblement uniformes (7 tailles de tournées ont ainsi été définies à partir du nombre d'opérations : 2, 3 à 9, 10 à 19, 20 à 29, 30 à 39, 40 à 54, 55 et plus). Le parcours le plus "petit" est la trace directe (*TD*) qui comporte deux opérations. La taille des parcours dépend de trois principaux facteurs :

- le mode de gestion g (3 modalités : CA, CPE, CPD),
- le type de véhicule v (3 modalités : ≤ 3 , 5T, CPort, Artic.),
- le type d'opération o (2 modalités : Exp, Rec).

Nous avons ici deux effets sur la taille des parcours :

- celui du mode d'opération (type de véhicule, réception ou expédition).
- celui de l'opérateur du transport (mode de gestion),

L'effet du mode de gestion et du type de véhicule sur la taille des parcours est lié à l'activité.

Il faut donc estimer une fonction de répartition des tailles dans les tournées : $F_{i/gv}$. Celle-ci est produite par la table $X_{F_{i/gv}}$.

De cette estimation, découle le nombre d'opérations de livraison et ramasse ordinaires selon la taille i de la tournée :

$$N_{igvz}(L) = N_{gvz}(L) * F_{i/gv}$$

Et le nombre d'opérations principales selon la taille de la tournée :

$$N_{igvz}(P) = N_{gvz}(P) * F_{i/gv}$$

C/ Le calcul des durées par zone, type de véhicule et type de stationnement.

La durée des arrêts D_{tgv} dépend des paramètres suivants :

- la taille de la tournée i ,
- le type de véhicule v ,
- le mode de gestion g ,

- pour les tournées seulement, le type de chargement t (principal (P) ou livraison/enlèvement ordinaire (L)).

Une matrice des durées suivant la taille du parcours, le mode de gestion et le type de véhicule et distinguant $D_{igv}(L)$ et $D_{igv}(P)$ est fournie sur la base des résultats des enquêtes.

La durée de chargement /déchargement principal est peu sensible à la taille des tournées. Elle dépend donc uniquement du mode de gestion et du type de véhicule.

D/ Résultats :

D_{zv} = durée totale d'arrêt par type de véhicule dans une zone

Cette durée est décomposée en deux membres :

$$\Delta_{zv} = \Delta_{vz}(L) + \Delta_{vz}(P)$$

$$\Delta_{vz}(L) = \sum_{igv} (N_{igvz}(L) * \Delta_{igv}(L))$$

$$\Delta_{vz}(P) = \sum_{igv} (N_{igvz}(P) * \Delta_{igv}(P))$$

D_{vz} = durée totale d'arrêt sur voirie de circulation (illicite gênant la circulation)

Cette quantité est fonction de paramètres liés à la densité d'activité de la zone (population + emploi).

$\% \delta_z$ = part du stationnement illicite dans la zone z.

Nous proposons une répartition indicative, selon le calcul suivant :

$$\% \delta_z = \text{fonction}(\text{densité de population}(z), \text{densité d'opérations}(z)) :$$

$$\% \delta_z = 0,10013 + 0,00002 * DPOP(z) + 0,00001 * DMVT(z) \quad R^2 = 0,76$$

Celle-ci peut être modifiée par l'utilisateur.

La durée totale de stationnement illicite est donnée par la quantité :

$$\Delta \delta_{vz} = \Delta_{vz} * \% \delta_z$$

D_{rvz} = durée totale d'arrêt en parc privé (hors espace public)

Cette quantité est également fonction des densités d'opération et de population de la zone. On peut en proposer une proportion par zone :

La proportion $\% \rho_{vz}$ est une fonction de la densité.

$$\Delta \rho_{vz} = \Delta_{zv} * \% \rho_z :$$

$$\% \rho_{vz} = 0,7193 - 0,00003 * DPOP - 0,00001 * DMVT \quad R^2 = 0,65$$

La proportion de stationnement interdit ($\% \lambda$) est sensiblement constante quelles que soient l'agglomération et la zone étudiées.

$$\% \lambda = 0,07323$$

La proportion de stationnement autorisé (% μ) est obtenue après déduction des parts des stationnements de pleine voie (δ), privé (ρ) et interdit (λ).

$$\% \mu = 1 - (\% \delta + \% \rho + \% \lambda).$$

NB. Dans l'affichage des résultats, les zones sont classées selon leur densité d'opérations (DMVT).

Les coefficients de détermination (R^2) des ajustements linéaires multiples sont assez faibles. Cependant, le meilleur d'entre eux concerne le stationnement en double-file qui est le plus important des types de stationnement en termes d'occupation de la voirie.

Module 3 : L'occupation de la voirie par les véhicules en circulation

1/ Les variables caractéristiques

Le traitement de l'occupation de la voirie par les véhicules en circulation est réalisé à partir du fichier de description des mouvements de marchandises, des livraisons et des enlèvements (enquête chauffeurs) et du fichier des établissements (en particulier pour connaître l'activité des établissements desservis, la densité d'activité par zone, ...).

Ce module s'appuie sur trois principaux constats :

- La longueur des trajets entre deux points d'arrêt ordinaires est fonction de la taille de la tournée et différenciée selon le type de véhicule.
- La longueur des trajets ordinaires des tournées (*et en particulier pour les tournées de moins de 20 opérations de livraison ou ramasse*) est fonction de la taille de l'agglomération et plus précisément de sa densité d'opérations.
- La longueur des trajets principaux est fonction de la taille de l'agglomération et plus précisément de la proximité des zones par rapport au centre-ville de l'agglomération, de la fonction d'activité desservie (activité de proximité à la population ou activité basique) et du mode de gestion.

La distinction entre les activités de proximité (d'appoint ou non basique) et les activités basiques fait référence à la relation directe ou indirecte qu'entretiennent les activités avec la population ou au contraire avec le potentiel productif et exportateur de l'agglomération. Les activités de proximité desservent directement la population locale : les petits commerces de détail, le tertiaire, les grands magasins, l'artisanat et les services. Les activités basiques constituent le support de l'activité économique et industrielle de l'agglomération et fournissent une partie significative de la production à l'exportation (position développée dans la théorie de la base économique) : l'industrie, les commerces de gros et les entrepôts (dont activités de transport) et accessoirement l'agriculture.

La détermination des formes de proximité au sein de l'agglomération par rapport au centre-ville repose sur l'établissement d'une matrice de contiguïté zonale. Cette matrice est axée sur le centre-ville où se concentre une part importante des activités économiques, de production et de distribution en particulier, alors que dans les zones périphériques s'installent davantage des activités de traitement des marchandises, des entrepôts de stockage ou des plates-formes logistiques. Les proximités zonales sont calculées sur la base de distances euclidiennes ou « à vol d'oiseau » entre centroïdes de zone. Le centroïde de zone sera déterminé soit comme le centre géométrique de la zone soit comme le lieu de concentration principal des activités génératrices de flux de transport de marchandises dans la zone.

2/ Les variables de sensibilité

Nous avons préalablement indiqué qu'il existait deux variables de sensibilité corrélées à la taille des parcours :

- le mode d'opération (type de véhicule, type d'opération : réception ou expédition).
- l'opérateur du transport (mode de gestion),

L'effet du mode de gestion et du type de véhicule sur la taille des parcours est par ailleurs lié à l'activité desservie ou génératrice. Toutefois, la distinction parmi les parcours de trajets

principaux (y compris les traces directes) et de trajets ordinaires engendre des impacts différents de ces variables explicatives sur la longueur des trajets.

Les principales variables de sensibilité pouvant affecter l'occupation de la voirie par les véhicules en circulation sont :

- la délocalisation ou la concentration des activités entre les zones centrales et les zones périphériques de l'agglomération : effet lié aux distances de proximité zonale et aux densités d'activité,
- la substitution des activités du point de vue de leur fonction (non basiques / basiques) entre les zones centrales et périphériques de l'agglomération,
- le mode d'organisation logistique du transport : effet lié au mode de gestion et au type de véhicules affectant directement la taille des tournées.

On peut par ailleurs relever une interaction entre la durée et la longueur des trajets. La durée d'arrêt a une incidence sur la taille des tournées en compte d'autrui de plus de 20 arrêts. Cela induit une modification des kilomètres parcourus.

Deux étapes sont à réaliser pour calculer l'occupation de la voirie par les véhicules en circulation :

A/ Le calcul des kilomètres parcourus en trajet ordinaire en fonction de la taille de la tournée et différenciée selon la densité d'opérations par zone (livraison ou enlèvement) et le type de véhicule (utilitaires, camion porteur, camion articulé).

B/ Le calcul des kilomètres parcourus en trajet principal (de tournée ou de trace directe) en fonction de la distance de proximité au centre de l'agglomération et différenciée selon la fonction d'activité (activité d'appoint ou basique) et le mode de gestion.

A/ L'occupation de la voirie en circulation pour les trajets ordinaires de livraison

Compte tenu des variables caractéristiques et de sensibilité repérées, nous construisons le modèle de génération des Vkm de la manière suivante :

LONG(i,v,g,DMVT) = longueur moyenne des trajets, fonction de la taille de la tournée i , pour un véhicule v , pour un mode de gestion g et pour une classe de densité d'opérations $DMVT$. Seul le mode de gestion en compte propre destinataire ne présente pas différenciation. Ceci s'explique par la grande diversité des opérations qu'effectuent les destinataires et des établissements auprès desquels ils s'approvisionnent.

Pour les zones dont la densité d'opérations est inférieure à 1000 par semaine :

Articulés : $LONG(i,v,g,DMVT) = -4133,2 * \ln(i) + 17988$

↳ Cette fonction est remplacée pour une taille de tournée supérieure ou égale à 20 par une constante qui est la valeur estimée pour cette taille : $C_{i=20}^{ste} = 5606$ mètres. Cette constante évite d'obtenir des distances trop faibles pour les grandes tournées d'articulés (soit 30 opérations au maximum).

En compte d'autrui :

≤3,5T : $LONG(i,v,g,DMVT) = -1247,5 * \ln(i) + 7405$

Porteurs : $LONG(i,v,g,DMVT) = -2436,6 * \ln(i) + 11091$

↳ Cette fonction est remplacée pour une taille de tournée supérieure ou égale à 65 par une constante : $C_{i=65}^{ste} = 919$ mètres.

En compte propre expéditeur :

$$\leq 3,5T : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = -1408,5 * \text{Ln}(i) + 8510$$

$$\text{Porteurs} : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = -3419,6 * \text{Ln}(i) + 15530$$

En compte propre destinataire :

$$\leq 3,5T : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = -2296,5 * \text{Ln}(i) + 11350$$

et Porteurs

↪ Cette fonction est remplacée pour une taille de tournée supérieure ou égale à 30 par une constante : $C_{i=65}^{ste} = 1255$ mètres.

Pour les zones dont la densité d'opérations est comprise entre 1000 et 5000 par semaine :

$$\text{Articulés} : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = -3495 * \text{Ln}(i) + 15021$$

↪ Cette fonction est remplacée pour une taille de tournée supérieure ou égale à 30 par une constante : $C_{i=30}^{ste} = 3134$ mètres.

En compte d'autrui :

$$\leq 3,5T : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = -1566,6 * \text{Ln}(i) + 7457$$

et Porteurs

En compte propre expéditeur :

$$\leq 3,5T : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = -1163,8 * \text{Ln}(i) + 6166$$

$$\text{Porteurs} : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = -1523,8 * \text{Ln}(i) + 8137$$

En compte propre destinataire :

$$\leq 3,5T \text{ et Porteurs} : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = -1262,2 * \text{Ln}(i) + 7924$$

Pour les zones dont la densité d'opérations est supérieure à 5000 opérations par semaine :

$$\text{Articulés} : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = -14505 * \text{Ln}(i) + 41632$$

↪ Cette fonction est remplacée pour une taille de tournée supérieure ou égale à 10 par une constante : $C_{i=10}^{ste} = 8233$ mètres.

En compte d'autrui :

$$\leq 3,5T : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = -258,55 * \text{Ln}(i) + 1859$$

$$\text{Porteurs} : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = -429,39 * \text{Ln}(i) + 2840$$

En compte propre expéditeur :

$$\leq 3,5T : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = -615,69 * \text{Ln}(i) + 3557$$

$$\text{Porteurs} : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = -864,73 * \text{Ln}(i) + 4629$$

En compte propre destinataire :

$$\leq 3,5T \text{ et Porteurs} : \quad \text{LONG}(i,v,g,DMVT) = 1957$$

B/ L'occupation de la voirie en circulation pour les trajets principaux

L'occupation de la voirie par les véhicules en circulation concernant des trajets principaux lors de tournée ou de trace directe est calculée de la façon suivante :

$\text{LONG}(\text{CENT}, r, g)$ = longueur moyenne des trajets principaux, fonction de la distance au centre de l'agglomération CENT , selon la nature fonctionnelle de l'activité r (appoint ou basique), et pour un mode de gestion g .

La répartition fonctionnelle des activités r est calculée par regroupement des activités classées en huit grandes classes \mathbf{a} (ST8).

La proportion des trajets principaux dans les tournées provient des observations recueillies dans les enquêtes relatives aux mouvements de marchandises (enquête chauffeurs).

Pour les activités basiques :

- **En compte d'autrui :**
 $LONG(CENT,r,g) = 0,8125 \text{ CENT} + 4700$
- **En compte propre expéditeur :**
 $LONG(CENT,r,g) = 0,6992 \text{ CENT} + 5462$
- **En compte propre destinataire :**
 $LONG(CENT,r,g) = 0,9554 \text{ CENT} + 4655$

Pour les activités d'appoint :

- **En compte d'autrui et compte propre expéditeur :**
 $LONG(CENT,r,g) = 0,6671 \text{ CENT} + 4644$
- **En compte propre destinataire :**
 $LONG(CENT,r,g) = 0,7182 \text{ CENT} + 2888$

Remarque sur la qualité des ajustements :

Le niveau de désagrégation des données d'enquête est élevé : 18 types de parcours dans le cas des arrêts ordinaires, 5 types de parcours pour les arrêts principaux. En conséquence, la qualité des ajustements qui ont permis de calculer ces équations est faible. Ils sont plus satisfaisants sur des données agrégées suivant le type de véhicule et le mode de gestion. De plus, ils reproduisent assez fidèlement les tendances mises en évidence par les enquêtes. Nous avons cependant conservé cette désagrégation afin de rendre le modèle sensible aux effets croisés du type de véhicule et du mode de gestion.

Le nombre d'opérations par type de véhicule et par mode de gestion dans chaque zone est issu des calculs suivants :

Pour les traces directes (= trajets principaux) :

$$N_{gvz}(TD) = \sum_{\alpha} (\sum_a (N(TD)_{/az} * F_{gv/\alpha}(TD)))$$

Pour les tournées :

$$N_{igvz} = N_{igvz}(P) + \sum_{\alpha} (N_{i\alpha gvz}(L))$$

Les opérations ordinaires sont calculées à partir de :

$$N_{igvz}(L) = N(L)_{/az} * F_{agv}(L)$$

Les opérations principales sont calculées à partir de :

$$N_{igvz}(P) = N(TD)_{/az} * F_{agv}(P)$$

Module 4 : Les volumes de trafic en heure de pointe.

On tient compte ici des fluctuations horaires des trafics générés selon le type d'activité. En conséquence, on pourra calculer un profil horaire des trois types de véhicules par macro-zone ou couronne et par type de véhicule.

Le découpage en macro-zones est nécessaire pour tenir compte de l'auto-corrélation spatiale des distances calculées sur des zones de petites tailles.

Fonctions prises en compte :

- répartition horaire des opérations de livraison/enlèvement selon les différents types d'activité **a** (ST8).

Ces fonctions sont calculées par moyenne mobile sur 4 périodes d'un quart d'heure.

Elles rendent compte des rythmes de fréquentation des grands types d'établissements économiques dans une agglomération "type" définie par les trois villes d'enquête. La reproductibilité de ce profil horaire à une autre ville s'appuie sur l'hypothèse suivante : les établissements d'un même type d'activité a le même rythme horaire de livraisons d'une ville à l'autre. cela

LA DEMARCHE DE SIMULATION

La phase de simulation est en cours de développement.

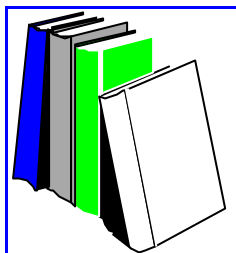
Le principe consiste à modifier des matrices amont centrales dans le modèle qui contiennent les variables du contexte du modèle, notamment des variables caractéristiques du système de transport des marchandises en ville (répartition des opérations selon le mode de gestion, le type de véhicules, le mode d'organisation des opérations - trace directe ou tournée,) mais aussi des variables caractéristiques du système de localisation (répartition des activités par secteur d'activité selon les zones, ...).

A titre d'exemple, il est possible de faire varier la localisation par zone (par commune ou par couronne) des différents établissements générateurs par grand type d'activité **a** (ST8).

D'autres simulations d'actions sur les modes d'organisation logistique, sur les choix techniques, d'actions réglementaires ou d'aménagement devront être progressivement ajoutées aux prochaines versions du modèle. Elle s'appuieront sur les résultats des recherches en cours, notamment sur les conclusions des nouvelles expérimentations engagées depuis quelques années par le programme national "marchandises en ville" dans le cadre du PREDIT²⁷.

²⁷ PREDIT : Programme national de recherche et d'innovation dans les transports terrestres.

GLOSSAIRE



GLOSSAIRE

Arrêt : lieu où le véhicule de livraison s'arrête, que ce soit pour effectuer un enlèvement ou une livraison, y compris le départ et l'arrivée d'un parcours, ou pour un arrêt technique sans livraison (repas, lieu de garage, ...).

Coupure : section d'un segment de voirie sur laquelle on compte ou décrit les véhicules traversant cette section.

Envoi : constitué par l'ensemble des marchandises composant un *mouvement* (réception, expédition ou opération conjointe).

Flux achats ou d'auto approvisionnement des ménages : tous les déplacements dont le motif à l'origine est l'achat, et les navettes «domicile-achat-domicile».

Itinéraire : tracé du *parcours* réalisé par le véhicule depuis son point de départ jusqu'à son point d'arrêt final (ici, l'itinéraire est tracé sur un fond de carte de la zone d'enquête).

Mode de gestion : il s'agit de la manière dont l'établissement exécute le transport de ses expéditions et/ou de ses réceptions, **compte d'autrui** ou **compte propre** (effectué par l'expéditeur ou le destinataire).

- **compte propre** : transport effectué directement par l'entreprise expéditrice ou réceptrice de la marchandise, autre qu'un transporteur professionnel. On associe au compte propre les opérations déléguées à d'autres opérateurs qui restent sous la maîtrise de l'expéditeur ou du récepteur.

L'établissement expédie des marchandises :

par ses propres moyens : c'est le **Compte Propre Expéditeur (CPE)**

par les moyens du destinataire : c'est le **Compte Propre Destinataire (CPD)**

ou réceptionne des marchandises :

par ses propres moyens : c'est le **Compte Propre Destinataire (CPD)**

par les moyens de l'expéditeur : c'est le **Compte Propre Expéditeur (CPE)**

- **compte d'autrui** : transport effectué par un professionnel du transport qui est responsable par contrat de l'acheminement de la marchandise.

L'établissement confie la livraison de ses marchandises ou l'enlèvement de ses approvisionnements chez ses fournisseurs à un transporteur ou à un commissionnaire de transport

Mode d'organisation : il s'agit de la manière dont le transporteur organise ses mouvements pour effectuer ses livraisons et ses enlèvements (**tournée** ou **trace directe**).

Monocolis : envoi constitué d'un seul colis.

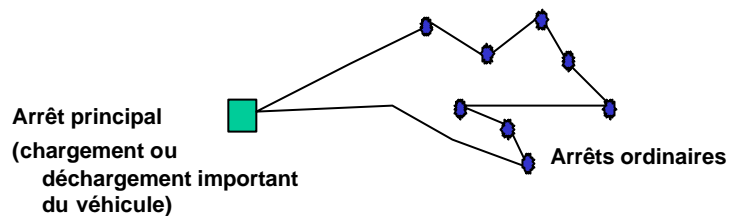
Opération/Mouvement : réception, expédition, ou opération conjointe (réception et expédition) effectuée à l'aide d'un véhicule motorisé (une livraison peut comprendre plusieurs colis).

Parcours : un ensemble des points successifs touchés par le chauffeur-livreur pour ramasser ou livrer des marchandises. Un parcours est considéré comme achevé lorsque le véhicule revient à son point de départ durant une journée. Dans le cas où le chauffeur-livreur rentre à sa base en fin de matinée, nous avons estimé qu'il réalisait de fait deux parcours, l'un le matin, l'autre l'après-midi.

Tournée : un parcours comportant plus d'un point de livraison.

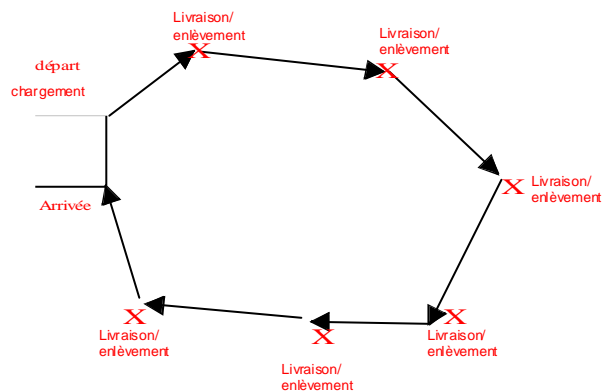
Différents schémas de tournée :

Tournée - cas général : Distinction des arrêts et trajets principaux et des arrêts et trajets ordinaires. L'arrêt principal est le lieu où s'effectue la plus grande partie du chargement ou du déchargement en termes de tonnage. C'est également un arrêt qui génère des durées de livraison et des trajets plus longs.

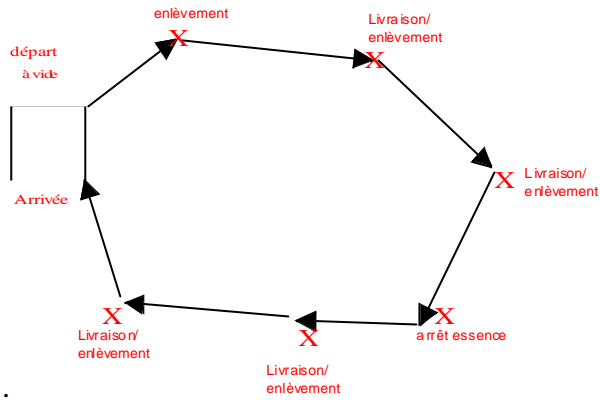


Tournée - cas n°1 : Parcours à n enlèvements/livraisons ou mouvements, n arrêts, n trajets, 1 parcours.

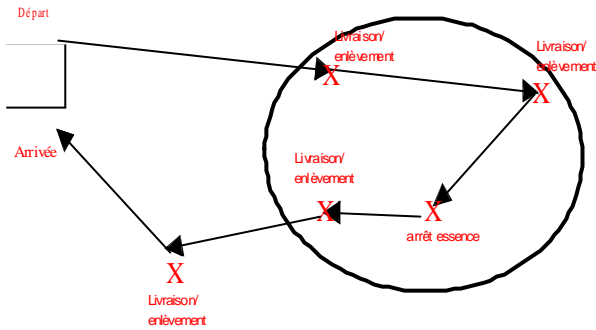
Dans l'exemple présenté : 1 chargement, 6 livraisons/enlèvements = 7 mouvements, 7 trajets, 1 parcours et 7 arrêts.



Tournée - cas n°2 : Certains trajets peuvent se faire à vide, et certains arrêts peuvent ne pas être liés à un acte de livraison ou d'enlèvement. Dans le cas présenté ci-contre, on dénombre 5 mouvements, 7 arrêts, 7 trajets, et 1 parcours.

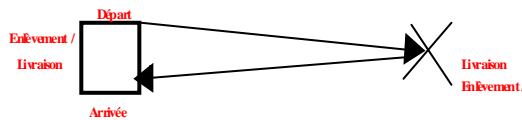


Tournée - cas n°3 : Si la tournée débute ou finit à l'extérieur de la zone d'enquête, seuls les mouvements et arrêts inclus dans la zone sont pris en compte. Dans le cas présenté ci-contre, on dénombre 3 mouvements, 4 arrêts, 1 parcours et 3 trajets.

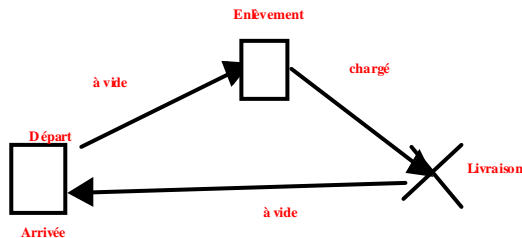


Trace directe (ou droiture) : parcours effectué d'une origine à une destination sans arrêt intermédiaire, pour effectuer 2 mouvements : un enlèvement et une livraison. Une trace directe peut avoir plus d'un arrêt.

Trace directe - cas n°1 : un enlèvement avec un trajet pour livrer et un retour à vide = 2 « mouvements » (un enlèvement et une livraison), 1 parcours et 2 arrêts et 2 trajets.

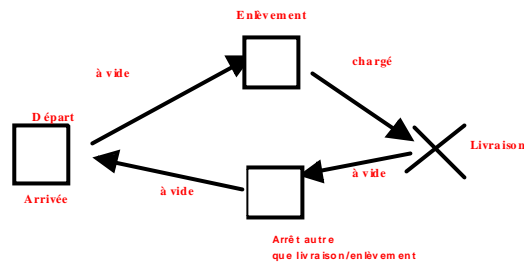


Trace directe - cas n°2 : un départ à vide pour aller enlever la marchandise, un trajet pour aller livrer, puis un retour à vide = 2 mouvements, 1 parcours, 3 arrêts et 3 trajets.

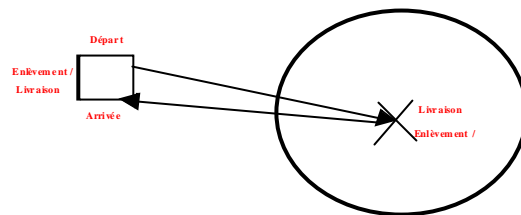


Trace directe - cas n°3 : un départ à vide pour aller enlever la marchandise, un trajet pour aller livrer, puis un retour à vide, un arrêt technique sans

enlèvement (prendre de l'essence par exemple) = **2 mouvements, 4 arrêts, 4 trajets et 1 parcours.**



Trace directe - cas n°4 : un enlèvement hors de la zone d'enquête, un trajet pour livrer dans la zone = **1 mouvement, 1 arrêt, 1 parcours, 2 trajets.**



Trajet : portion d'itinéraire comprise entre deux arrêts du chauffeur-livreur.

H.EVP : heure * équivalent voiture particulière, unité de mesure de l'occupation de l'espace par les véhicules à l'arrêt.

Km.EVP : km * équivalent voiture particulière, unité de mesure de l'occupation de l'espace par les véhicules en circulation.

*Afin de rendre compte de l'impact de camions de divers gabarit comme de véhicules légers en termes d'occupation de la voirie, nous avons choisi d'utiliser comme unité de mesure l'heure * équivalent voiture particulière (H.EVP) pour le stationnement, et le km * équivalent voiture particulière (Km.EVP) pour la mesure de la circulation.*

Les équivalences, définies de manière normative, sont les suivantes :

1 VUL ($\leq 3,5T$) = 1,5 VP

1 camion porteur = 2 VP

1 articulé = 2,5 VP

BIBLIOGRAPHIE

- BEAUBAIS CONSULTANTS (2001), **Estimation des voitures-kilomètres générés par les grandes surfaces alimentaires**, Rapport final ADEME et METL-DRAST, 25 mai, 50 p.
- BOUGET S. (1995), **Les flux d'achats**, AFCI / CECOD, octobre, 134 p.
- BETURE-ENVIRONNEMENT. (1996), **Transport des déchets en milieu urbain**, ADEME, sept., 94 p.
- BOUDOUIN D., MOREL C., (2001), **Comprendre les marchandises en ville**, ouvrage pédagogique à paraître à la documentation française.
- CERTU, CETE (1997), **Offres commerciales, consommateurs et déplacements. Les déplacements d'achat vers les pôles commerciaux du centre et de la périphérie de l'agglomération lyonnaise**, février, 25 p.
- CERTU (1998), **L'enquête ménages déplacements « méthode standard »**, coll. « Transport et Mobilité », CERTU, octobre, 296 p.
- DABLANC et all. (1998) **Plans de déplacements urbains - Prise en compte des marchandises**, CERTU, ADEME ed., 148 p.
- CETE/DDE du Rhône (1996), **Grands équipements commerciaux de périphérie et transports**, février, 36 p.
- CPTP : Comité de Promotion des Transports Publics (1997), **Transports en commun et activité commerciale**, Etude réalisée avec le soutien de l'ADEME et de la DTT, mars, 38 p.
- CSTB, CHARLOT-VALDIEU, SALAGNAC J.L., (1998), **Analyse des trafics générés par les chantiers de bâtiment en milieu urbain**, ADEME, DRAST, 59 p. + annexes.
- FNAU (1998), **Proposition d'un outil de mesure de l'ajustement local entre offre et demande alimentaire**, janvier, 40 p.
- GERARDIN CONSEIL., (1999), **Précision quantitative des flux urbains de marchandises annexes - quantification individuelle des trafics**, ADEME-PREDIT, 56 p. + annexes.
- GERARDIN CONSEIL., (2001), **Suivi des expériences pilotes en partenariat avec les villes et l'ADEME**, ADEME-PREDIT, 45 p. + annexes.
- GERME BREST (1997), **Comportement de mobilité et évolution de l'organisation urbaine**, Tome III, Brest, 97 p.
- LET (1996), **Transports de marchandises en ville : Résultats de l'enquête quantitative de Bordeaux**, DRAST, 233 p. + ann.

LET (1999), **Transports de marchandises en ville : Résultats de l'enquête quantitative de Dijon**, 120 p., **Résultats de l'enquête quantitative de Marseille**, DRAST., 120 p.

LET, Gérardin Conseil (2000), **Diagnostic du Transport de marchandises dans une agglomération, Programme National Marchandises en ville**, DRAST-MELT, avril 2000, 85 p. + CD-ROM. Diffusion : CERTU, www.certu.fr.

LET, ISIS, CETE de Lyon (2000), **Télescopage des trafics de marchandises et de personnes locaux et interurbains dans une région-ville**, ADEME-PREDIT, LET ed., mai, 169 p.

METAIREAU G. (1998), **Déménagements : la marche vertueuse d'une profession**, *L'Officiel des Transporteurs*, 1993, juillet, pp. 21-28.

NICOLAS J.P. (2000), **Estimer la vitesse et la longueur des déplacements - impact sur l'évaluation des indicateurs de mobilité durable**, LET, 18 p.

PATIER (2000), (édition coordonnée par.) **L'intégration des marchandises dans le système des déplacements urbains**, *Actes du Colloque Jacques Cartier*, Montréal, Coll. Etudes et recherches, n°15, LET, 358 p.

PLANISTAT (1999), **Transport des déchets ménagers et assimilés. Exploitation spécifique de l'enquête ITOMA 98**, ADEME, 62 p.

RIPERT, C. (2000), **Les Enjeux Environnementaux du Transport de Marchandises en Ville**, Congrès ATEC, Presses de l'ENPC, Paris, pp. 110-119.

ROUTHIER, J.L., AUBERT, P.L. (1999) **Freturb, un Modèle de Simulation des Transports de Marchandises en Ville**, 8th WCTR proceedings, Elsevier, Vol. 1, pp. 531-544.

ROUTHIER, J.L. (2000) **Un Outil des Effets des Politiques Urbaines sur le Transport de Marchandises en Ville**, Actes des 13^{èmes} Entretiens J. Cartier, Montréal, Etudes et recherches LET, pp. 145-167.

SEGALOU E. (1999a), **Etat des lieux de la connaissance des flux urbains de marchandises. Bibliographie des études sur les transports de marchandises en ville**, Rapport d'étape n° 1 pour le compte de l'ADEME et de la DTT, Laboratoire d'Economie des Transports, mai, 95 p.

SEGALOU E. (1999b), **Les déplacements pour achats à Bordeaux. Exploitation de l'enquête ménages déplacements 1998 de l'agglomération bordelaise**, Rapport d'étape n° 2 pour le compte de l'ADEME et de la DTT, Laboratoire d'Economie des Transports, septembre, 71 p.

THILL J-C & TIMMERMANS H. (1992), **Analyse des décisions spatiales et du processus de choix des consommateurs : théories, méthodes et exemples d'applications**, in *L'Espace Géographique*, n° 2, pp. 143-166.

Sites Internet sur les marchandises en ville :

www.transports-marchandises-en-ville.org

www.citylogistics.org

www.bestufs.net

www.eltis.org

www.cordis.lu

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ADRESSES

ACCT : accompagnement
Artic : camion articulé
AUTR : autres
CA : compte d'autrui
CD : commerce de détail
CDU : centre de distribution urbaine
CPD : compte propre destinataire
CPE : compte propre expéditeur
CPort : camion porteur
DOMI : domicile
ECOL : école
EVP : équivalent voiture particulière
Exp : expédition par l'établissement (ou enlèvement par l'opérateur de transport)
HA : achats
H.EVP : heure*équivalent voiture particulière
Km.EVP : kilomètre*équivalent voiture particulière
LOIS : loisirs
MAP : marche à pied
PTAC : poids total autorisé en charge
Rec : réception par l'établissement (ou livraison par l'opérateur de transport)
SERV : service
TC : transport collectif
TD : trace directe
TMV : transport de marchandises en ville
TRAV : travail.
VP : voiture particulière
VUL : véhicules utilitaires légers
≤ 3,5T : véhicules de PTAC inférieur ou égal à 3,5 tonnes

ADEME – Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
Département Organisation et Systèmes de Transport,
500 route de Lucioles 06560 Valbonne
<http://www.ademe.fr>

CERTU – Centre d'Etude et de Recherche sur les Transports Urbains
9 rue Juliette Récamier 69456 Lyon cedex 06
<http://www.certu.fr>

DRAST – Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques
Ministère de l'Equipeement, des Transports et du Logement
Tour Pascal B - Paris - La Défense
<http://www.equipement.gouv.fr>

LET – Laboratoire d'Economie des Transports
Unité Mixte de recherche du CNRS n° 5593
Université Lumière Lyon 2 et Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE)
ISH, 14 avenue Berthelot 69363 Lyon Cedex 07
<http://www.ish-lyon.cnrs.fr/let>

adresse spécifique pour le modèle : freturb@ let.ish-lyon.cnrs.fr

Page dernière de couverture :

Cet ouvrage est le second d'une série de documents techniques qui s'inscrit dans le programme national "Marchandises en ville". Cette série est essentiellement destinée aux aménageurs, techniciens de collectivités locales, bureaux d'étude et acteurs économiques (CCI, Chambres des métiers) amenés à proposer des orientations sur l'organisation des transports de marchandises en ville.

Il constitue la suite logique de l'ouvrage "Diagnostic du transport de marchandises en ville dans une agglomération", qui présente une méthode de génération des opérations de livraison et d'enlèvement, sur la base d'un fichier SIRENE d'établissements. Il développe la méthode de construction et d'application du modèle FRETURB développé par le LET sur la base des résultats des grandes enquêtes nationales réalisées à Bordeaux, Marseille et Dijon.

Ce modèle a pour objectif d'apporter des éléments d'évaluation de diverses politiques envisagées pour répondre aux nouveaux enjeux urbains en termes économique et environnemental, dans l'esprit des lois récentes (loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie et loi "Solidarité et renouvellement urbain") qui précisent les compétences des Plans de Déplacements Urbains en ce qui concerne les marchandises.

Il permet d'évaluer le nombre d'opérations de livraison et d'enlèvement et le nombre de déplacements d'achat motorisés qui constituent les deux grandes composantes des déplacements de biens en milieu urbain. Il permet également de mesurer l'occupation de la voirie par les véhicules de livraison aussi bien à l'arrêt qu'en circulation. Il s'appuie sur une méthodologie originale fondée sur les lieux de livraison et d'enlèvement de marchandises que sont les établissements économiques caractérisés par leur activité, leur environnement et leur organisation logistique. Il peut être mis en œuvre à l'aide d'un CD-ROM sur la base d'un simple fichier d'établissement et des résultats d'enquête déplacements auprès des ménages (pour le module "achats"), sans qu'il soit nécessaire de réaliser des enquêtes complémentaires.

Sous sa forme actuelle, le modèle FRETURB est une étape dans la démarche de connaissance des marchandises en ville. Il devra être amendé et enrichi des recherches et expérimentations en cours, notamment sur le plan de la simulation des politiques de transport et d'aménagement.