



HAL
open science

Les transports de marchandises et l'urbanisme : d'une prise en compte législative à la simulation des interactions

Erwan Segalou, Jean-Louis Routhier, Sandrine Durand

► To cite this version:

Erwan Segalou, Jean-Louis Routhier, Sandrine Durand. Les transports de marchandises et l'urbanisme : d'une prise en compte législative à la simulation des interactions. ASRDLF. Tendances spatiales contemporaines et leur impact sur l'avenir des régions ou la diversification régionale à l'épreuve des faits - XXXVIIIème colloque de l'ASRDLF, 21-23 août 2002, Trois-Rivières, Québec, 2002, France. 30 p. halshs-00106278

HAL Id: halshs-00106278

<https://shs.hal.science/halshs-00106278>

Submitted on 11 Oct 2007

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

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

XXXVIII^{ème} COLLOQUE ASRDLF

Tendances spatiales contemporaines et leur impact sur l'avenir des régions
ou
la diversification régionale à l'épreuve des faits

Trois-Rivières, Canada, 21-23 août 2002

**LES TRANSPORTS DE MARCHANDISES ET
L'URBANISME :
D'UNE PRISE EN COMPTE LEGISLATIVE A LA
SIMULATION DES INTERACTIONS**

Erwan SEGALOU

Doctorant

erwan.segalou@let.ish-lyon.cnrs.fr

Jean-Louis ROUTHIER

Ingénieur de recherche

jean-louis.routhier@let.ish-lyon.cnrs.fr

Sandrine DURAND

Chargée de mission - Région Rhône-Alpes

sdurand@cr-rhone-alpes.fr

Laboratoire d'Economie des Transports (LET)

Institut des Sciences de l'Homme

14, avenue Berthelot 69363 Lyon cedex 07

Tel : 04 72 72 64 46 / Fax : 04 72 72 64 48

www.ish-lyon.cnrs.fr/let

Cette communication présente la démarche mise en œuvre par le Laboratoire d'Economie des Transports dans le cadre du programme de recherche du Ministère des Transports Français. Elle résume en particulier deux publications récentes¹.

INTRODUCTION

En France, de nouvelles organisations et pratiques dans les politiques urbaines et régionales sont impulsées depuis quelques années par un ensemble législatif ayant un objectif de mise en cohérence des politiques de transport, d'urbanisme et de développement durable. Les transports de marchandises en ville ont ainsi été introduits dans les plans de déplacements urbains (PDU) avec la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE) du 30 décembre 1996 et dans les schémas de cohérence territoriale relatifs à la loi Solidarité et Renouvellement Urbains (SRU) du 13 décembre 2000. Leur prise en compte est en effet nécessaire dans une optique de développement durable qui requiert une approche globale et systémique des transports, de l'activité économique et des choix de localisation. Ce cadre législatif favorisant une intégration des transports de marchandises en ville dans les politiques d'urbanisme sera traité dans une première partie qui abordera également les principales caractéristiques du transport de fret en milieu urbain.

Le transport de marchandises en ville, longtemps considéré comme un « mal nécessaire » par les aménageurs locaux, est devenu préoccupant au début des années 90. Une double volonté de développement des centres urbains et de maîtrise des flux a émergé en lien avec le constat du déclin de la population et des activités commerciales dans les centres-villes d'une part et la montée des préférences environnementales d'autre part. Des outils d'analyse et de modélisation des flux urbains de marchandises ont alors été développés. Le modèle FRETURB, développé au Laboratoire d'Economie des Transports (LET), s'inscrit dans cette perspective de diagnostic de la « logistique urbaine » et de simulation des effets de mesures envisagées pour rationaliser les trafics liés aux mouvements de marchandises. Ce modèle s'attache à considérer les interactions entre l'organisation du système de livraison, la gestion urbaine à travers les réglementations, l'activité économique qui conditionne les stratégies logistiques de distribution et la vie de la cité qui renvoie aux modes de vie, à l'usage de la voirie et aux conditions d'achat. La seconde partie de cette communication sera ainsi consacrée à cet outil de modélisation. Nous y exposerons les orientations méthodologiques et fonctions structurelles du modèle FRETURB de simulation du transport de marchandises en ville, en précisant leur cohérence vis-à-vis des orientations législatives.

La capacité de diagnostic global du modèle et de prise en compte des interactions entre transport et urbanisme est renforcée par le développement de simulations des effets de mesures logistiques ou d'aménagement. Quatre séries de mesures affectant l'occupation de la voirie ont été distinguées : les actions sur le système logistique, les actions relevant des plans d'urbanisme, les actions réglementaires et les actions relatives à l'aménagement urbain. Nous terminerons ainsi cette communication par la présentation de simulations de mesures et politiques affectant les transports de marchandises en ville.

¹ ROUTHIER J-L. (2002), **Du transport de marchandises en ville à la logistique urbaine**, in 2001 Plus - Synthèses et Recherches, n° 59, DRAST, 67 p.

ROUTHIER J-L., SEGALOU E., DURAND S. (2001), **Mesurer l'impact du transport de marchandises - le modèle FRETURB version 1**, Ed. DRAST-ADEME, octobre, 104 p.

1. LA PLACE DES MARCHANDISES DANS LA VILLE

1.1 Le fret urbain, un élément essentiel au fonctionnement de la cité

La recherche en transport urbain ne se limite plus au déplacement de personnes selon une approche sectorielle des transports mais s'engage dans des approches globales de la maîtrise des transports urbains et plus particulièrement des flux motorisés. Ainsi, les années 1990 se caractérisent par une prise en compte des transports de marchandises reconnus comme une des composantes importantes de la dynamique économique urbaine. Le transport de marchandises est en effet nécessaire au développement économique de la cité en assurant son approvisionnement et ses divers échanges industriels et commerciaux. Il apparaît comme un élément indispensable au dynamisme économique des centres-villes, à leur attractivité commerciale, à l'essor des villes et à la mixité urbaine.

Mais le fret urbain est aussi souvent perçu comme un générateur de nuisances en constituant une des activités les plus présentes dans l'espace urbain. Ainsi, les transports de marchandises² représentent entre 9 et 15% des déplacements de véhicules dans une agglomération, entre 13 et 20% des véhicules-kilomètres parcourus suivant la taille et la géographie de l'agglomération considérée et entre 15 et 25% des véhicules-kilomètres exprimés en équivalent voiture particulière, autrement dit en termes d'espace de voirie occupé par les véhicules. D'un point de vue environnemental, la contribution aux différentes pollutions de l'ensemble des véhicules transportant des marchandises en milieu urbain est loin d'être négligeable. Par exemple à Bordeaux, le bilan journalier moyen de l'ensemble du trafic routier révèle que le seul transport de marchandises (y compris le transit) est à l'origine de 70% des émissions³ de particules et de 54% des émissions de NOx⁴. Quant au bruit, toujours dans le cas bordelais, il apparaît qu'entre 10 et 11 h du matin, la part du réseau soumis à un bruit supérieur à 65 dB(A)⁵ passe de 30 à 13% lorsque l'on ne tient pas compte de la circulation des véhicules transportant des marchandises (Aria Technologies, 2000).

Il serait cependant erroné de ne voir dans le transport de fret qu'une activité néfaste au milieu urbain. La problématique des marchandises en ville réside en fait dans la conciliation entre dynamisme économique et les nécessités du bien être des citoyens. Les échanges et la circulation des marchandises sont partie prenante du fonctionnement de la cité. Etroitement lié aux déplacements de personnes, associé aux préoccupations d'urbanisme (notamment d'urbanisme commercial), nécessaire à la recomposition des structures économiques des centres-villes, le fret est indissociable de la réflexion sur les politiques urbaines. Autrement dit, « *pour traiter un problème de transport de personnes et d'urbanisme, la ville aura donc à se pencher sur des questions de logistique urbaine. (...) Illustration du fait que le système urbain est d'un très haut niveau de connexité et qu'ignorer son pan logistique ne peut être que préjudiciable au traitement de problèmes apparemment éloignés du transport de marchandises* » (Dufour, 2001).

² Y compris les déplacements d'achat des particuliers.

³ Emissions exprimées en kg/heure.

⁴ NOx : Oxyde d'azote.

⁵ dB(A) : unité décibel A de mesure du bruit des véhicules routiers et ferroviaires. On considère que 65 dB(A) est le seuil au-delà duquel le bruit est considéré comme très gênant, notamment au niveau des conditions de sommeil.

Or, durant de nombreuses années, le transport de marchandises a souffert d'une vision très restreinte qui l'identifiait généralement à la circulation des seuls poids-lourds, partie la plus visible de cette activité et ne permettant pas d'en intégrer toutes les dimensions. C'est cette définition que les aménageurs ont longtemps considérée dans la mesure où ils étaient interpellés par les seules nuisances entraînées par la circulation des véhicules utilitaires sur leur territoire. Aussi, si l'on veut comprendre quelle place ont les activités logistiques dans le système urbain et quels sont les moyens de transport mis en œuvre pour approvisionner la cité, il est de toute évidence nécessaire d'étendre très largement cette définition.

1.2 Les composantes du transport de marchandises en ville

Historiquement, le programme national « marchandises en ville » s'est donc attaché à aborder la problématique du fret urbain dans sa globalité. Sous le terme « marchandises », nous considérons en premier lieu tous les biens et produits à partir du moment où ils sont commercialisés jusqu'à leur prise de possession par le consommateur ou l'utilisateur final. Par extension, nous y ajoutons l'ensemble des produits déplacés sans commercialisation comme les dérivés de la consommation (déchets ménagers et industriels), les produits des chantiers ou d'approvisionnement des services publics ainsi que les déménagements. Ce parti pris méthodologique met ainsi en évidence que c'est non seulement la totalité de l'activité économique urbaine mais aussi les consommateurs et les gestionnaires de la ville qui sont impliqués dans les échanges de marchandises en milieu urbain. Ce point de vue nous amène donc à considérer comme procédant du transport de marchandises en ville plusieurs composantes distinctes selon une typologie des flux qui permette de rendre compte de l'ensemble des grandes fonctions d'échange dans la ville.

Finalement, le champ d'étude retenu pour le transport de marchandises est délimité par tous les déplacements dont l'usage (choix du mode, trajet emprunté, etc.) est motivé par un déplacement de biens ou de matériaux. On distingue ainsi les échanges entre les établissements économiques, les flux d'approvisionnement des particuliers et enfin les autres flux de biens et produits non commercialisés ou dérivés de diverses activités urbaines.

- **Les échanges entre les établissements économiques.** Il s'agit des déplacements de marchandises entre tous les établissements économiques d'une agglomération. On considère ici les flux de marchandises entre les industries et les distributeurs (commerce de gros et de détail), mais aussi l'approvisionnement des artisans, des services, des bureaux et administrations. Ces derniers représentent en effet plus de la moitié des établissements d'une agglomération. On comptera donc ici aussi bien le transport de pondéreux en vrac à l'aide de véhicules industriels lourds, le transport de produits manufacturés à destination des commerces réalisé par des poids lourds ou des véhicules légers que les multiples échanges entre services qui procèdent de la messagerie express souvent réalisés en véhicules légers de moins de 3,5 tonnes ;
- **Les enlèvements de marchandises générés par les déplacements d'achat.** La seconde composante du transport de marchandises est située en aval de la première. Elle concerne l'approvisionnement des ménages par leurs propres moyens. De la même façon que les établissements économiques, les individus consomment des biens 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, les consommateurs se déplacent pour enlever leurs achats auprès des commerces. Vu 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 lieu de consommation finale. Ils constituent finalement le dernier maillon de la chaîne de distribution. Ces déplacements sont effectués en grande partie en voiture particulière (de 45% à 65% des déplacements d'achat sont réalisés en voiture particulière). Ils pèsent très lourds sur le bilan kilométrique du système global des échanges urbains de marchandises ;

- **Les autres flux de marchandises.** De nombreux flux de marchandises ne sont pas comptabilisés dans la classification précédente. Il s'agit :
 - De l'approvisionnement des chantiers, tant de travaux de voirie que de construction des immeubles et maisons d'habitation ou de bâtiments industriels ou de services. Cela concerne aussi bien les opérations de remblai ou déblai ou de gros œuvre effectués par des véhicules lourds et de second œuvre souvent effectués à l'aide de véhicules légers ;
 - Des déménagements des particuliers comme des entreprises ;
 - Des flux liés à l'entretien et au développement des réseaux urbains (eau, assainissement, gaz, électricité) ;
 - Des flux engendrés par l'approvisionnement des services municipaux par les magasins généraux ;
 - De la collecte et de l'acheminement des déchets urbains (ménagers et industriels) ;
 - Des livraisons à domicile ;
 - Des services postaux hormis la distribution du courrier (échanges entre centres de tri, colis postaux).

Au total, la décomposition de l'approvisionnement en trois « segments de trafic » conduit à la répartition suivante en kilomètres équivalent voiture particulière (Routhier *et alii.*, 2001) :

- Les flux de livraisons et d'enlèvements de marchandises entre les établissements comptent pour 35 à 45% ;
- Les déplacements d'achat représentent de 50 à 55% du total ;
- Les autres flux ou flux annexes représentent de 10 à 15% du total (estimation approximative).

Les flux de marchandises ainsi appréhendés permettent une approche quasi exhaustive de l'ensemble des déplacements de biens de quelque nature qu'ils soient. Sont par contre exclus de cette définition : les fluides distribués par les réseaux urbains, le courrier de plis et le transport d'effets personnels ou professionnels comme l'outillage. En particulier, les déplacements professionnels pour des réparations ou une maintenance technique sont également exclus de cette définition, lorsqu'ils ne font pas l'objet d'un transport de matériel ou de pièces installées sur place. Dans ce cas, le motif générateur du déplacement principal est la réparation sur place et non le déplacement de marchandises. En revanche, le déplacements de machine en atelier pour réparation sont pris en compte.

1.3 Un cadre législatif récent

En France, cette nouvelle approche du transport de marchandises pris dans sa globalité et considéré comme un élément à part entière du système urbain trouve également depuis quelques années sa traduction dans de nouvelles dispositions législatives. Ces dernières accordent pour la première fois de manière explicite une place à la logistique urbaine dans la

prise de décision des collectivités. Pendant longtemps, l'encadrement réglementaire de l'activité du transport de marchandises en ville a été limité au rôle d'instrument coercitif et circonscrit au périmètre communal (Dablanc, 1998). L'appareillage réglementaire récemment mis en place montre des évolutions en se fixant des objectifs et des compétences territoriales plus ambitieux. Cela se traduit par une approche des pratiques urbaines dans un périmètre élargi, la volonté de sortir la circulation des marchandises d'un cadre strictement fonctionnel et d'y associer l'organisation spatiale, le transport des voyageurs, les services urbains dans une vision plus systémique (Boudoin, 2001). Ce nouveau cadre législatif concerne à la fois des dispositions globales et sectorielles.

1.3.1 Des dispositions globales

Au niveau national, les évolutions réglementaires s'appuient principalement sur trois lois :

- ❑ La Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs (LOTI, 1982) ;
- ❑ La Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (LAURE, 1996) ;
- ❑ La loi Solidarité et Renouvellement Urbain (SRU, décembre 2000).

L'article 28-1 de la LOTI relatif au Plan de Déplacement Urbain (PDU), modifié par la LAURE et la loi SRU, place les marchandises en ville au niveau de l'organisation globale des déplacements dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants. Cet article notifie que *« le plan de déplacement urbain définit les principes de l'organisation des transports de personnes et de marchandises, de la circulation et du stationnement, dans le Périmètre des Transports Urbains (PTU) »*.

En outre, la cinquième orientation du PDU stipule qu'il doit porter sur le transport de marchandises et la livraison *« tout en rationalisant les 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 PTU. 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 futures, dans une perspective d'offre multimodale »*.

Par ailleurs, lors de la prise en compte de l'organisation du stationnement, un PDU doit également intégrer des *« modalités particulières de stationnement et d'arrêt (...) des véhicules de livraison de marchandises »*.

Ainsi, cette réforme de la démarche PDU permet une action publique plus efficace sur le fret et permet d'aller au-delà d'une simple gestion sectorielle du transport de marchandises :

- ❑ Le territoire d'un PDU est pluri-communal et permet de réfléchir et d'agir sur le fret à l'échelle d'une agglomération, en harmonisant les réglementations et en incluant dans la réflexion les principaux générateurs de fret (plates-formes logistiques, zones industrielles, zones commerciales périphériques, etc.) ;
- ❑ Le PDU permet de traiter des interdépendances logistiques entre déplacements des produits, déplacements des personnes et structure urbaine.

Outre l'article consacré au PDU (art.96), la loi SRU initie notamment la réforme des documents d'urbanisme en y intégrant la problématique « marchandises » et en donnant un sens économique au choix d'aménagement. Ainsi, les schémas directeurs deviennent des schémas de cohérence territoriale (SCOT) élaborés par un établissement public. Il est mentionné que les SCOT « (...) *présentent le projet d'aménagement et de développement durable retenu, qui fixe les objectifs des politiques publiques d'urbanisme en matière d'habitat, de développement économique, de loisirs, de déplacements des personnes et des marchandises, de stationnement des véhicules et de régulation du trafic automobile (...)* ».

La loi SRU (art. 97) fait également référence au transport dans la liste des critères d'attribution d'autorisation d'urbanisme commercial (article 28 de la loi n°73-1193 du 27 décembre 1973) 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 ;
- La capacité d'accueil pour le chargement et le déchargement des marchandises.

Enfin, la loi SRU (art. 107) légalise dans le code des collectivités territoriales des emplacements réservés à « *l'arrêt des véhicules effectuant un chargement ou un déchargement* ».

1.3.2 Dispositions sectorielles

Au niveau du secteur des transports, de récentes réformes prenant la forme de lois, de directives, de décrets ou encore d'arrêtés se sont ajoutées à ce dispositif dans le but d'améliorer la régulation des transports de marchandises en ville. Cela concerne par exemple :

- **La formation** : elle devient obligatoire pour les salariés du compte propre et les conducteurs chefs d'entreprises (Directive 98/76/CE du 1^{er} octobre 1998, Décret n° 98-1039 du 18 novembre 1998) ;
- **Les véhicules utilitaires légers (VUL)** : obligation est faite pour les entreprises utilisatrices de VUL de s'inscrire au registre des transports (Décret n° 99-752 du 30 août 1999) ;
- **La sécurisation des opérations de livraison** : obligation pour les entreprises d'accueil et les transporteurs de mettre au point un protocole de sécurité évaluant et prévenant des risques encourus par les chauffeurs-livreurs (Loi n° 98-69 du 6 février 1998).

Pour conclure sur ce renouveau réglementaire des transports de marchandises en ville, nous pouvons également mentionner la législation encadrant la collecte et la gestion des déchets urbains. Ces derniers sont à l'origine de flux importants. Les gestionnaires doivent ainsi chercher à les maîtriser et à les optimiser (intermodalité, équipement de transfert).

Ainsi, la nécessité de prendre en compte les problèmes logistiques à tous les niveaux de la gestion de la ville est, maintenant, inscrite dans les textes de loi. Cette mobilisation de l'appareil législatif est à rapprocher des résultats des recherches effectuées dans ce domaine en France depuis quelques années. En effet, ces nouvelles dispositions nécessitent notamment des outils d'évaluation et d'aide à la décision. C'est dans cette perspective que s'inscrit le

modèle de fret urbain (FRETURB) développé au Laboratoire d'Economie des Transports (LET).

2. LE MODELE FRETURB DE SIMULATION DES TRANSPORTS DE MARCHANDISES EN VILLE

Parmi les trois grandes ambitions affichées par le programme national « marchandises en ville », il y avait la volonté de développer des méthodes d'appréhension des modes de fonctionnement de l'approvisionnement urbain et d'évaluation des impacts des mesures possibles sur le fonctionnement et la structuration des agglomérations (Dufour *et alii.*, 1996). Cela s'est traduit par le développement d'un outil d'aide à la décision qui permette à la fois d'établir un diagnostic du transport de marchandises en ville et de simuler l'impact de diverses mesures envisagées. Les résultats d'un tel modèle de simulation peuvent alors servir de support à la discussion et sont un maillon d'une réflexion dynamique entre les différents acteurs, institutionnels ou économiques ; s'inscrivant de la sorte pleinement dans la démarche PDU (Certu & Ademe, 1998).

Dans cette seconde partie consacrée au modèle FRETURB de simulation des transports de marchandises en ville, nous exposons en premier lieu les raisons pour lesquelles ce dernier a nécessité la mise en œuvre d'une méthode d'investigation spécifique. Dans un deuxième temps, nous justifions du caractère analogique et segmenté de ce modèle. Enfin, nous détaillerons les différents modules constitutifs de FRETURB en mettant notamment en exergue les différentes variables de commande pouvant servir à l'exercice de simulation.

2.1 Une méthode d'investigation spécifique

2.1.1 Une relation essentielle entre enquête et modèle ...

Dès le départ, le programme national « marchandises en ville » a souligné l'importance qu'il convenait d'accorder à la relation liant production de la donnée et démarche de modélisation. En effet, le développement d'un outil de modélisation singulier, en rupture avec les approches traditionnelles, a été concomitant à la mise en place d'une méthode d'analyse innovante, produisant des résultats sur lesquels est basé le modèle. Les choix méthodologiques effectués, concernant aussi bien les enquêtes réalisées sur les transports de marchandises à Bordeaux, Dijon et Marseille (Ambrosini *et alii.*, 1997-99) que sur la démarche de modélisation, l'ont été dans un souci d'opérationalité.

Cette logique pose un certain nombre de problèmes dans la mesure où les approches classiques, celles des modèles à quatre étapes⁶, ne permettent pas de remplir simultanément les trois conditions (cohérence, pertinence, mesurabilité) de l'opérationalité dans le cas du transport de marchandises en ville (Bonnafous, 2001). En effet, les modèles classiques sont fondés sur une logique origine/destination où c'est le déplacement de la chose transportée (individu, tonne de marchandises) qui est l'unité d'observation. Historiquement, de tels modèles ont été utilisés pour aider au dimensionnement d'infrastructures. C'est l'information dont on avait alors le plus besoin, un trafic sur un tronçon donné nécessitant de simuler une

⁶ Génération, distribution, répartition modale, affectation.

charge et de l'affecter sur le réseau qui a conditionné les différentes étapes caractéristiques de cette approche. La cohérence avec les objectifs fixés était donc assurée.

La transposition de cette approche au transport de marchandises en ville n'est pas appropriée, car l'unité retenue n'est pas pertinente. En effet, il n'est pas significatif, en termes de transport urbain de fret, de disposer d'une matrice origine/destination reproduisant des masses ou des volumes de marchandises. En milieu urbain, le déplacement d'une tonne de marchandises entre une zone *i* et une zone *j* présente cette complexité de pouvoir être effectué soit en une fois (trace directe) soit à l'occasion de plusieurs dizaines de livraisons réalisées en trace directe ou au cours de tournées complexes, donnant lieu à plusieurs autres livraisons. Or, la philosophie générale de la démarche de modélisation FRETURB est de comprendre comment les flux de transport générés par l'approvisionnement urbain consomment la ressource rare qu'est l'espace viaire. Il ne s'agit donc pas de repérer des expéditions et réceptions de quantité de marchandises, mais bien d'observer des mouvements de véhicules induits par ces opérations de livraison. Les enjeux du transport urbain de fret ne peuvent donc pas être efficacement éclairés par les approches traditionnelles en termes d'origine et de destination, qui servent habituellement de base aux exercices de modélisation des flux de déplacements. C'est à ce niveau que se trouvent les principales raisons de la mise en oeuvre d'une méthode d'investigation spécifique du transport urbain de marchandises.

2.1.2 ... à partir d'une unité d'observation pertinente

L'approche statistique retenue pour observer le transport urbain de marchandises repose sur l'opération de livraison ou d'enlèvement de marchandises. Cette opération est définie comme 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 (Routhier *et alii.*, 2001).

Ce concept d'opération de livraison/enlèvement est tout à fait crucial dans la philosophie, la démarche méthodologique et l'articulation technique du modèle FRETURB. C'est en effet à cet instant particulier qu'il est possible de renseigner les différentes caractéristiques participant à la logistique urbaine (le mode d'organisation, le mode de gestion, le type de véhicule, etc.) dans la mesure où ces dernières influent, directement ou indirectement, sur le déroulement de l'opération de livraison/enlèvement. On observe que l'établissement générateur de la marchandise, par son activité, agit généralement sur les caractéristiques du mouvement de la marchandise comme la nature des biens transportés, leurs conditions de stockage et leurs conditionnement, le nombre et la fréquence d'approvisionnement et d'expédition. La localisation et l'environnement de l'établissement interfère sur les conditions de chargement et de déchargement par le biais de facilités et d'équipements de stationnement, fortement liés à la densité de population et/ou d'activité de la zone.

Cette unité d'observation présente ainsi plusieurs avantages : elle est parfaitement localisée dans le temps et l'espace, elle est facilement identifiable par les livraisons et enlèvements 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. En outre, 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. Enfin, la relation directe de l'opération de livraison/enlèvement avec l'établissement générateur permet d'évaluer le

nombre moyen de mouvements générés à l'échelle d'une agglomération ou sur 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 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.

2.1.3 Des indicateurs de perturbation sur des zones

Les perturbations liées à l'occupation de la voirie par les 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 de chaque arc mais surtout des conditions de croisement aux carrefours, qui ne sont pas traditionnellement considérés dans les modèles de trafics⁷. De plus, la manifestation de la congestion sur un arc ne permet pas de simuler les effets de mesures autres que des aménagements d'infrastructures de transport. Or, leur développement en zone urbaine est limité par la rareté de l'espace et n'est pas susceptible d'apporter de solution sur le plan environnemental. C'est pourquoi la densité d'occupation de la voirie par les véhicules à l'arrêt ou en circulation dans une zone apparaît plus mesurable et pertinente en milieu urbain que des trafics origine/destination calculés par les modèles classiques sur les arcs d'un réseau de voirie.

Au total, 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 ;
- ❑ 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 ainsi être calculés ;
- ❑ La répartition spatiale des parcours effectués ; ce qui permet de calculer la part du transit de zone (en véhicules.km) qui complète la génération de la demande de transport sur chaque zone ;
- ❑ 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.

Cette démarche de modélisation a dirigé la forme des enquêtes lourdes⁸ qui ont été réalisées en vue d'alimenter le modèle de simulation du fret urbain FRETURB.

⁷ Exception faite de développements récents en matière de modèles dynamiques d'affectation de trafic.

⁸ Sur la méthodologie et les résultats de ces enquêtes, on pourra notamment se reporter à Ambrosini *et alii.*, 1997-99.

2.2 Un modèle analogique et segmenté inscrit dans une approche systémique

Rappelons que l'élaboration du modèle FRETURB vise trois principaux objectifs :

- ❑ Décrire le plus précisément possible les flux de véhicules du transport des marchandises dans des villes ne disposant pas d'enquêtes lourdes ;
- ❑ Evaluer 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 ;
- ❑ Identifier les acteurs (activités, opérateurs de transport) concernés par telle ou telle mesure et quantifier leur degré d'implication.

Généralement, un tel modèle de simulation repose sur des données longitudinales. Or, nous disposons en France uniquement de données transversales, *i.e.* observées à une époque donnée (enquêtes de Bordeaux, Dijon et Marseille réalisées entre 1994 et 1995). Il n'est donc pas possible de comparer cette situation avec des situations antérieures. Cependant, à l'aide de ces enquêtes d'observation des opérations de livraison/enlèvement en milieu urbain, un schéma d'explications des changements de comportement des acteurs participant à la logistique urbaine par analogie avec les situations observées a pu être établi (Routhier, 2001) et permet de développer des simulations de politiques de transport et d'aménagement urbain. Un tel schéma explicatif repose sur la mise en évidence de nombreux invariants dans le comportement des acteurs, quelle que soit la ville d'enquête (LET, 2000). En ce sens, le modèle est analogique et segmenté, car il s'appuie sur les pratiques différenciées des divers établissements de chaque zone d'activité⁹.

La méthode de modélisation repose donc sur l'identification des facteurs qui guident les choix d'organisation des transports de marchandises et qui relèvent des différentes sphères d'activité. La sphère du transport bien entendu intervient par le biais de l'offre physique de transport qui détermine les conditions de circulation et de stationnement ainsi que les caractéristiques d'organisation logistique des entreprises de transport (type de véhicule, schéma d'organisation des livraisons, etc.). La gestion urbaine interfère également à travers les réglementations sur les horaires de livraison ou de stationnement. Quant à l'activité économique, elle intervient sur les stratégies logistiques des entreprises et principalement sur les caractéristiques de la marchandise ainsi que sur le choix du mode gestion du transport. Enfin, la vie de la cité a également un impact sur l'organisation des transports par le biais des densités de population et d'activité qui peuvent contraindre le recours à certains types de véhicules par exemple. Ces interactions des différents agents du système urbain impliqués dans la formation des flux de transport urbain de marchandises nous a conduit à adopter une approche systémique dans l'élaboration d'un outil de modélisation du transport de marchandises en ville.

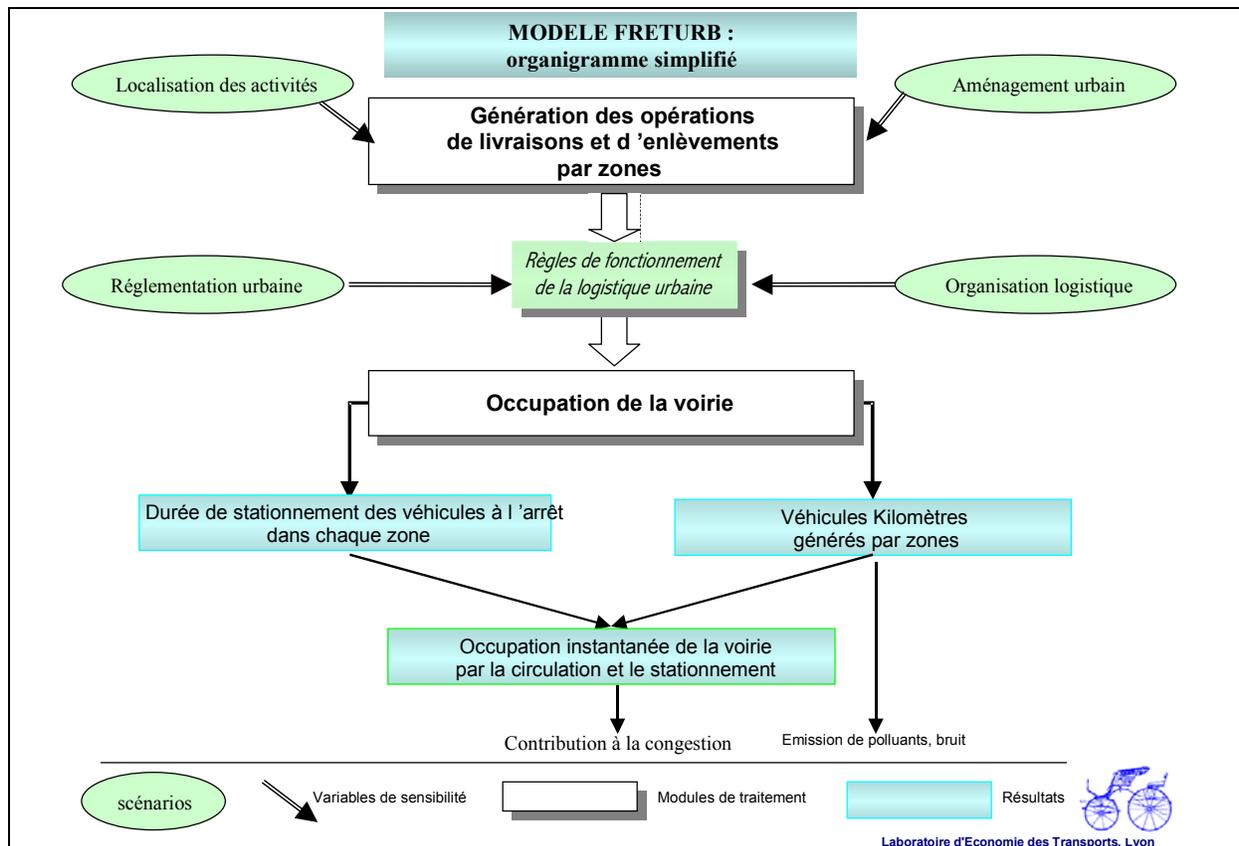
2.3 La structure modulaire de FRETURB

Le modèle FRETURB de simulation des transports de marchandises en ville s'articule en quatre modules (Figure 1) :

⁹ Notons qu'à l'heure actuelle, la mise en œuvre de cette approche ne permet pas de rendre compte des évolutions possibles des comportements des acteurs dans le temps : comportements d'achat, changement radicaux dans l'organisation logistique, etc. Pour être prises en compte, ces évolutions devraient faire l'objet d'études complémentaires au cas par cas.

- ❑ La génération des livraisons et enlèvements ainsi que des flux d'auto approvisionnement des ménages (déplacements d'achat) ;
- ❑ La simulation d'une occupation de la voirie par les véhicules de livraison en stationnement illícite ;
- ❑ La simulation d'une occupation de la voirie par les véhicules de livraison en circulation ;
- ❑ La mesure d'une occupation instantanée de la voirie par ces mêmes véhicules.

Figure 1 : Un modèle spatialisé de simulation des flux de TMV



Nous distinguons dans ce modèle deux types de variables explicatives :

- ❑ **Les variables caractéristiques** : elle 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 des scénarios, en permettant au modèle d'être sensible à diverses mesures qui pourraient être prises dans le cadre des nouvelles orientations législatives dans le domaine du transport de marchandises en ville.

2.3.1 Les deux modules de génération des transports urbains de marchandises

2.3.1.1 La génération au niveau de l'appareil commercial des flux d'auto approvisionnement des ménages¹⁰

Pour chaque zone d'une agglomération donnée, ce module permet une estimation du nombre de déplacements (tous modes et VP) générés au niveau de l'appareil commercial un jour moyen de la semaine par les habitants de l'aire d'étude pour l'enlèvement de leurs achats (motif à l'origine).

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 (Ségalo, 2000), 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 à la version actuelle du logiciel. 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 au niveau de l'appareil commercial 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.

Les variables caractéristiques

L'estimation se fait en deux étapes :

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

La génération des flux d'auto approvisionnement des ménages

Les analyses des enquêtes ménages-déplacements réalisées sur les agglomérations de Bordeaux, Dijon, Lyon et Marseille-Aix-en-Provence 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 de consommateurs de la zone constituaient de bons indicateurs de la génération des déplacements d'achat. Quatre variables caractéristiques sont ainsi prises en compte :

- ❑ Le nombre d'emplois dans les très grandes surfaces (plus de 2500 m² de surface de vente) ;
- ❑ Le nombre d'emplois dans les grandes surfaces (surface de vente comprise entre 400 et 1500 m²) ;
- ❑ Le nombre d'établissements commerciaux de type petit magasin ou similaire ;
- ❑ Le nombre d'habitants.

¹⁰ Concernant les déplacements d'achat, seul le module de génération est actuellement intégré au logiciel disponible sur CD-Rom et permettant la mise en œuvre du modèle FRETURB.

Estimation de la part des déplacements d'achat réalisée en voiture

La part modale de la voiture dans les déplacements d'achat générés au niveau de l'appareil commercial peut être correctement appréhendés au travers de trois variables caractéristiques :

- ❑ La distance au centre (distance à vol d'oiseau entre centroïdes de zone) ;
- ❑ Le taux de motorisation de la zone (nombre moyen de véhicules particuliers par ménage) ;
- ❑ La présence ou non dans la zone d'une très grande surface et/ou d'un important centre commercial.

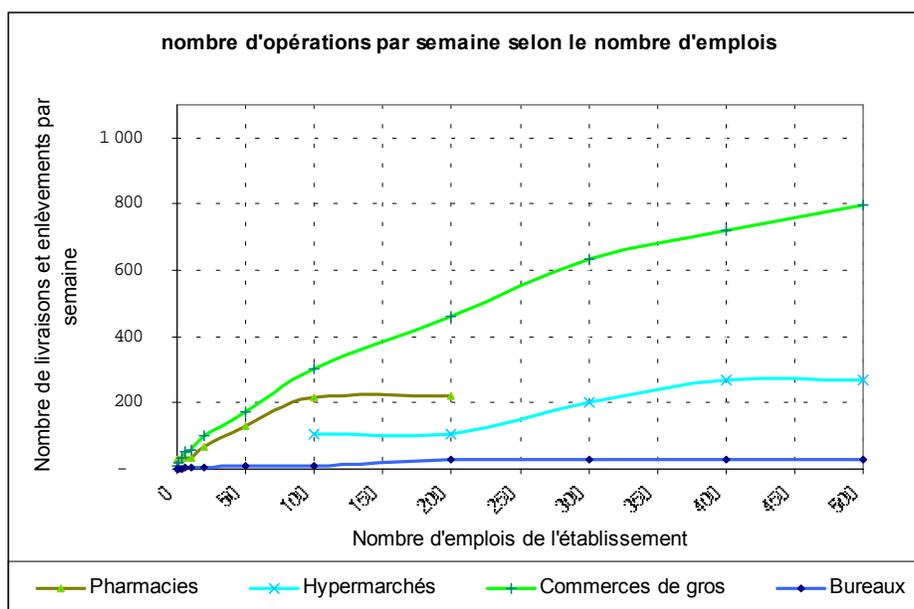
2.3.1.2 La génération des opérations de livraison/enlèvement

Ce second module de génération calcule un nombre hebdomadaire moyen d'opérations de livraison/enlèvement réalisées par chaque établissement. L'analyse des enquêtes TMV réalisées à Bordeaux, Dijon et Marseille a permis de révéler quatre déterminants significatifs de la génération des livraisons et enlèvements.

Les *variables caractéristiques* retenues sont au nombre de quatre :

- ❑ Le type d'activité (code NAF¹¹ détaillé) de chaque établissement ;
- ❑ Le nombre d'emplois de l'établissement, calculé généralement à partir d'une tranche d'effectifs salariés, fournie dans les fichiers SIRENE ;
- ❑ La nature du local (bureaux, commerces selon leur surface, entrepôts, usines, etc.) ;
- ❑ Le nombre d'établissements d'une même entreprise sur le territoire.

Graphique 1 : Nombre d'opérations par semaine selon le nombre d'emplois



Source : enquêtes nationales TMV, LET.

L'association de ces différentes caractéristiques a permis la construction d'une typologie en 45 types d'activité/nature pertinente en termes de génération. A chaque type correspond ainsi

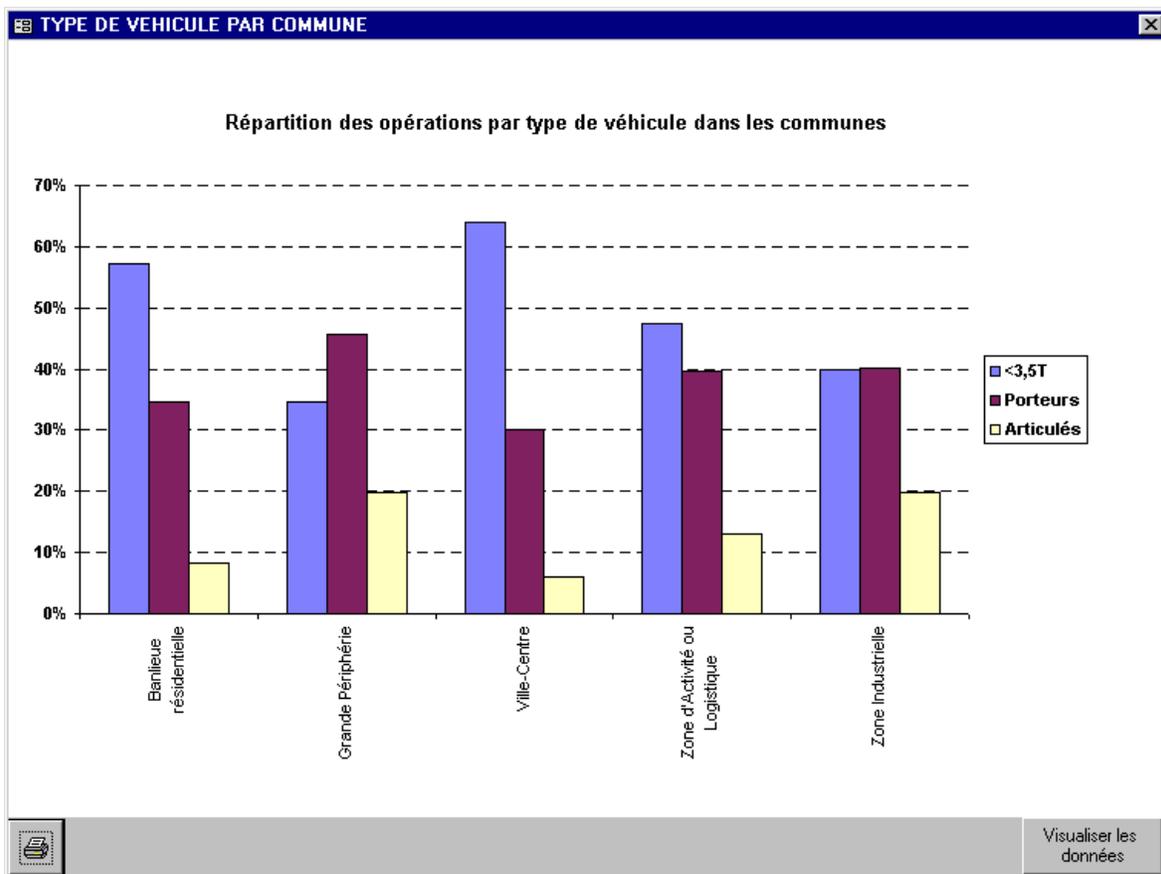
¹¹ Nomenclature française des activités en 700 types. Celle-ci a fait l'objet d'une normalisation dans les pays de l'Union Européenne depuis 1992.

un nombre moyen d'opérations de livraison/enlèvement par semaine, déterminé à l'aide d'abaques empiriques ajustées sur les résultats d'enquête en fonction du nombre de salariés (Graphique 1).

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 la zone considérée. Outre cet indicateur, le module de génération permet également de calculer pour chaque zone :

- ❑ La proportion de réceptions et d'expéditions ;
- ❑ La répartition des opérations suivant huit grands types d'activité : artisanat ou service, 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 (compte propre expéditeur et destinataire, compte d'autrui) ;
- ❑ La part des tournées et des traces directes.

Graphique 2 : Exemple de résultat du modèle : la répartition des opérations par type de véhicule dans les communes



Source : FRETURB, LET.

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.

2.3.1.3 Les durées de stationnement des véhicules de livraison

La durée de stationnement est comptée au lieu de livraison/enlèvement. Elle est 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

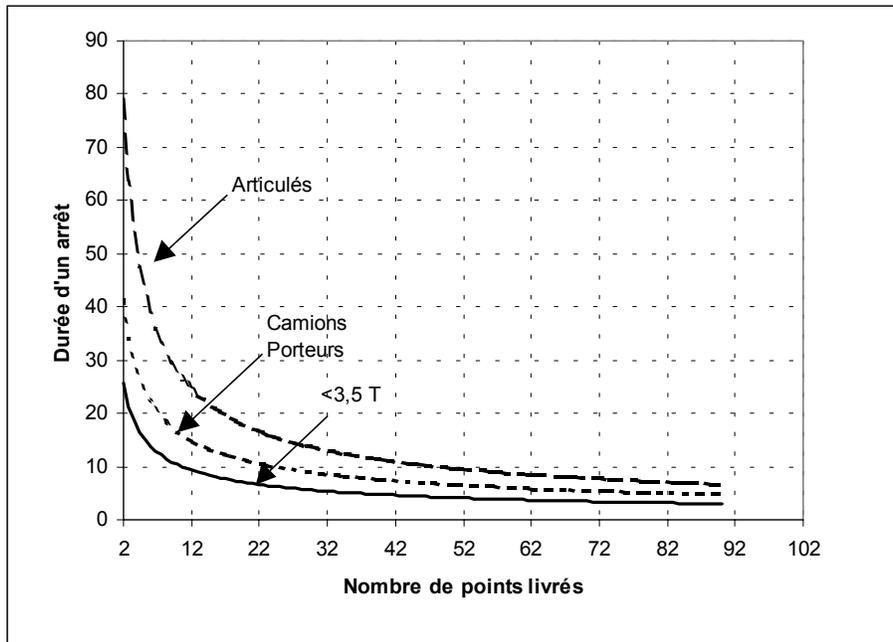
La durée des arrêts dépend essentiellement :

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

L'impact du stationnement dépend de trois autres paramètres :

- 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 l'activité de la zone ;
- 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 pas prise en compte à l'heure actuelle dans le modèle ;
- La taille du véhicule, son encombrement (mesuré en Equivalent Voiture Particulière, EVP).

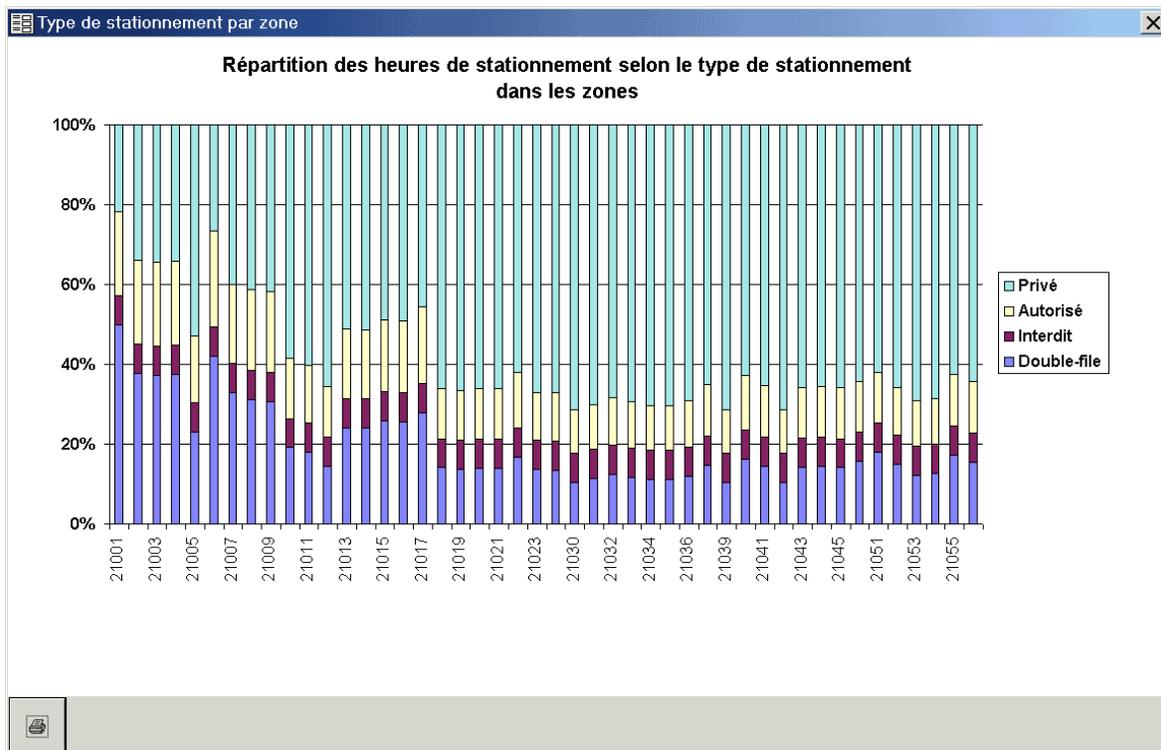
Graphique 3 : Durée d'un arrêt selon le type de véhicule et le nombre de points livrés dans une tournée



Sources : enquêtes nationales TMV, LET.

L'encombrement des voies de circulation par les véhicules de livraison est dépendant de l'ensemble de ces paramètres. La durée d'occupation de la voirie par zone est exprimée en heures-véhicules ou en heures*EVP par semaine, selon les différents types de stationnement évoqués précédemment.

Graphique 4 : Exemple de résultat du modèle : la répartition des heures de stationnement selon le type de stationnement dans les zones



Source : FRETURB, LET.

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 ;
- ❑ Les facilités de chargement et de déchargement des véhicules (véhicules adaptés, aménagements - quais, sas, rampes, etc. -) : ils assurent une meilleure accessibilité à l'établissement ;
- ❑ Le poids de la marchandise : à conditionnement identique, plus une marchandise est lourde plus le temps des 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.

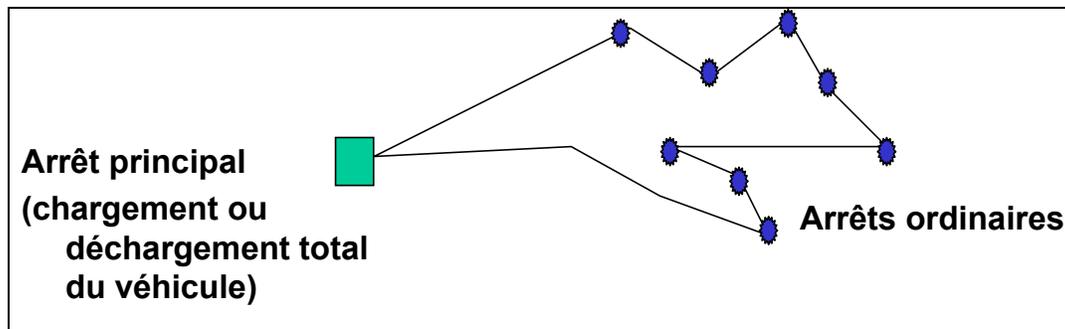
2.3.1.4 L'occupation de la voirie par les véhicules en circulation

Cette occupation de la voirie est mesurée au point de la génération du flux, *i.e.* au niveau de l'établissement où a lieu l'opération de livraison/enlèvement. 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 2 : Les deux principaux types d'arrêts d'une tournée



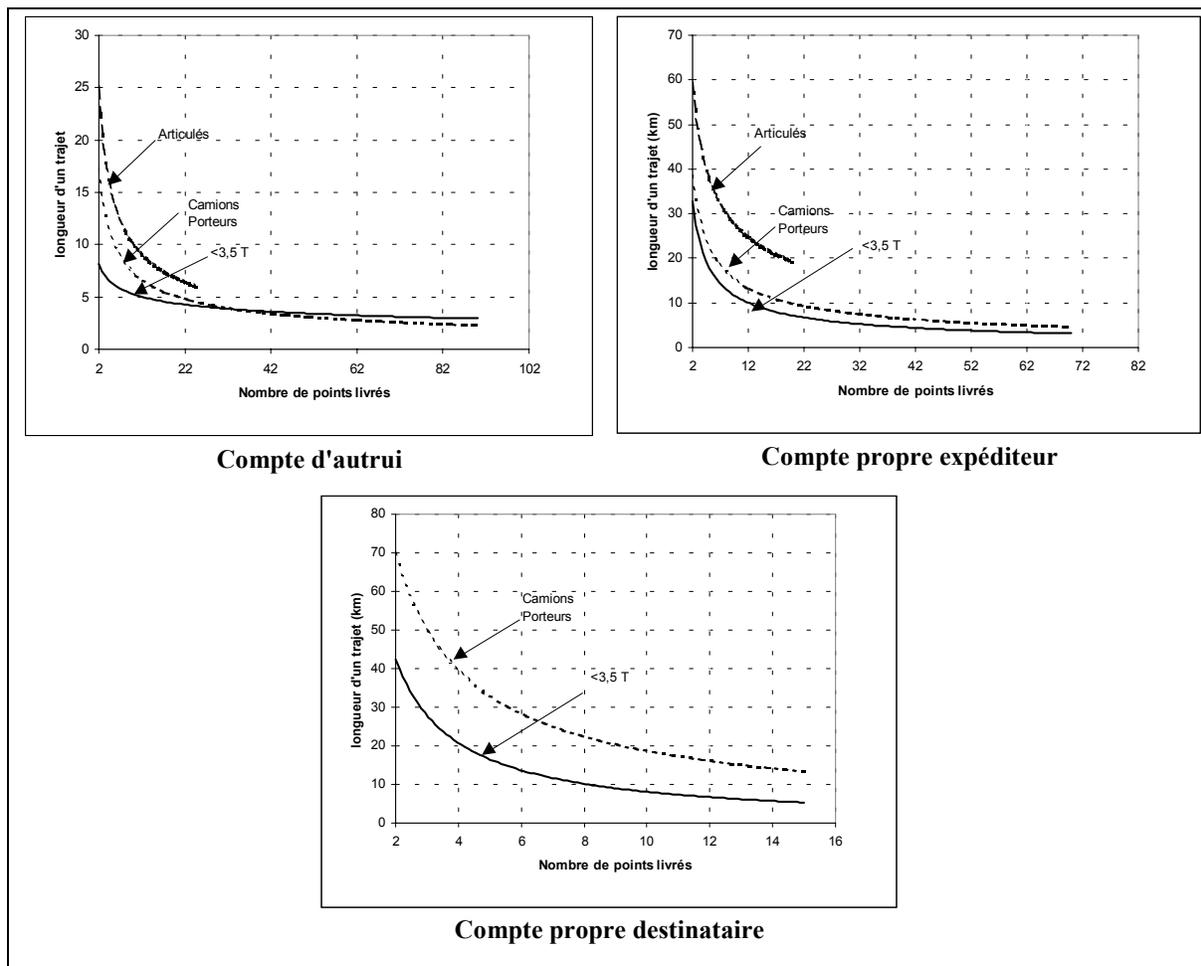
La distance parcourue entre deux arrêts ordinaires dépend essentiellement :

- ❑ 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.

Rappelons que les proportions des différents types de véhicules et modes de gestion sont connues à partir du module de génération. Les enquêtes effectuées à Bordeaux, Dijon et Marseille 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.

Graphique 5 : Répartition des distances des trajets selon le type de véhicule et le mode de gestion



Sources : enquêtes nationales TMV, LET.

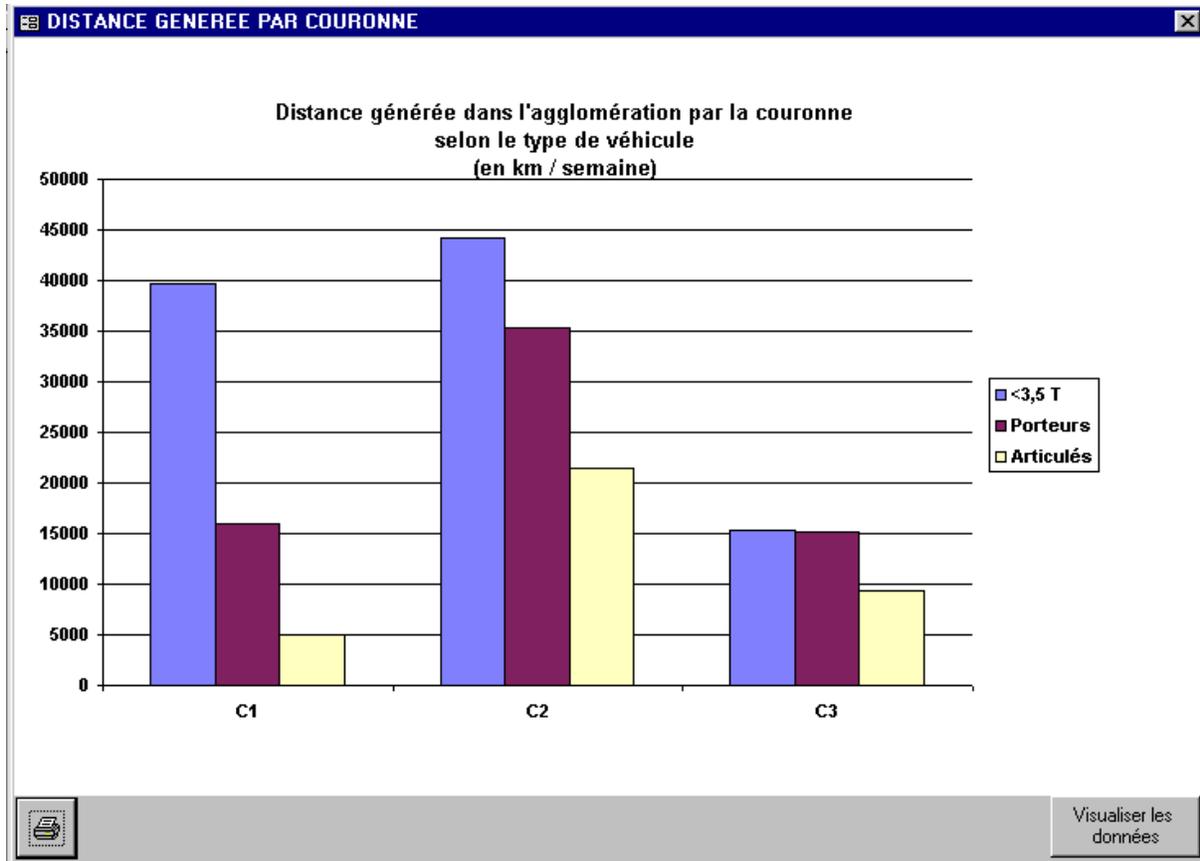
La distance générée par un arrêt principal dépend plus particulièrement :

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

Enfin, on notera que *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.

Sur la base de ces éléments, on en déduit une mesure de l'occupation de la voirie générée par l'activité d'une zone et exprimée en nombre de kilomètres ou en nombre de kilomètres-équivalent voiture particulière (Km*EVP).

Graphique 6 : Exemple de résultat du modèle : distance générée par couronne dans une agglomération selon le type de véhicule (en km/semaine)



Source : FRETURB, LET.

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 véhicules 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.

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

L'occupation instantanée est également mesurée au point de l'établissement livré ou enlevé. Elle est calculée en heure de pointe des livraisons. Cette dernière dépend des heures

d'ouverture des établissements. Elle est différente selon les activités desservies et le type de véhicule utilisé.

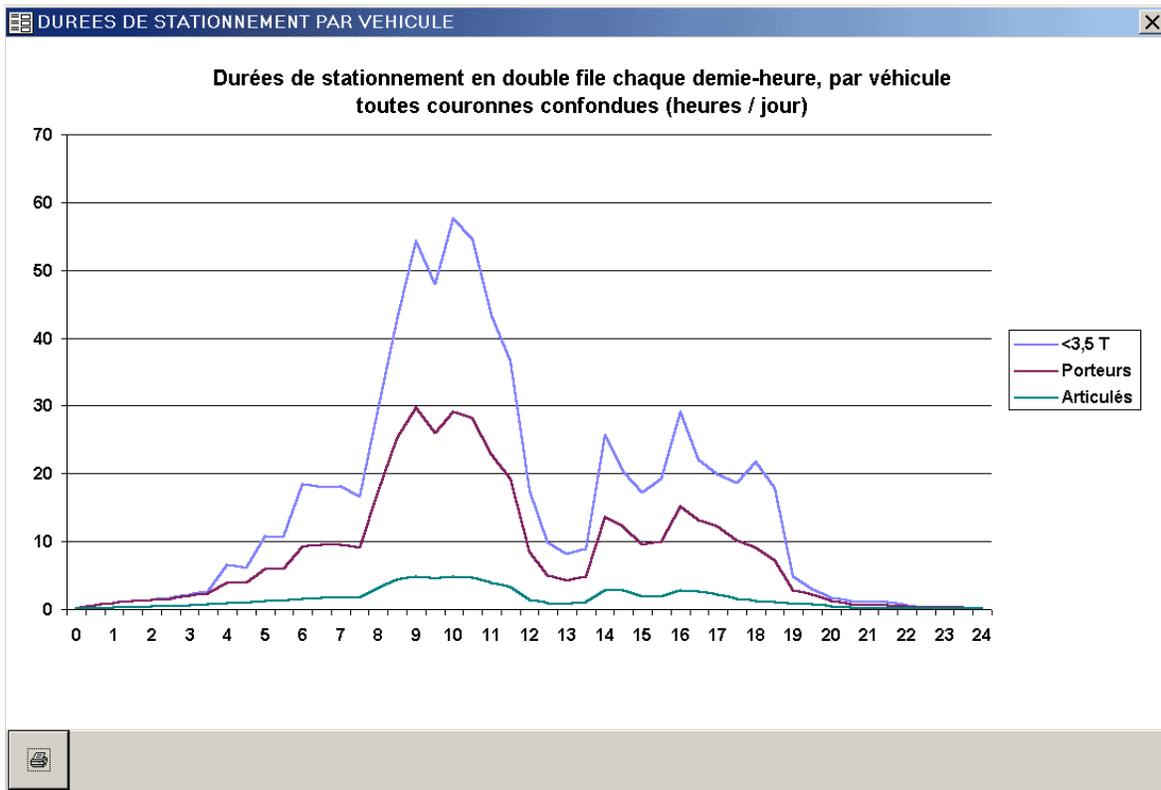
Les variables caractéristiques :

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

- De la répartition horaire des opérations selon l'activité. Par exemple, du fait de sa spécialisation commerciale, la ville centre est desservie plus tard que la périphérie. A l'inverse, les plates-formes sont en pleine activité très tôt le matin ;
- 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 (présence d'entrepôts et de plates-formes) et les véhicules utilitaires (>3,5 T) pour les tournées en hypercentre desservant les petits commerces.

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

Graphique 7 : Exemple de résultat du modèle : durées de stationnement en double file chaque demi-heure, par véhicule, toutes couronnes confondues (heures/jour)



Source : FRETURB, LET.

Ce dernier module permet d'estimer trois profils horaires exprimés selon le type de véhicule et la couronne géographique :

- ❑ Profil des opérations de livraison/enlèvement ;
- ❑ Profil des durées d'occupation de la voirie ;
- ❑ Profil des kilomètres générés.

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.

3. LES SIMULATIONS DE POLITIQUES ET MESURES PRISES EN COMPTE DANS LE MODELE FRETURB

Sous sa forme d'outil descriptif de l'occupation de la voirie par les véhicules en stationnement ou en circulation, le modèle FRETURB est actuellement opérationnel et est utilisé par plusieurs villes françaises. Cependant, la démarche de simulation proprement dite n'est pas totalement validée. En effet, il s'agit maintenant d'engager un exercice de dynamisation des différentes variables explicatives afin de permettre de mesurer les impacts de diverses politiques urbaines sur les flux de transport de marchandises dans une agglomération. Un tel exercice de simulation sera bien entendu d'autant plus réaliste qu'il pourra s'appuyer sur une certaine connaissance de la sensibilité des différents acteurs à telle ou telle mesure. Bien qu'à l'heure actuelle le modèle ne permette pas de réaliser un grand nombre de simulations, nous décrivons ici les différentes mesures qui sont susceptibles d'être simulées à l'aide de cet outil en les mettant en regard avec la ou les variables de sensibilité du modèle qui jouent un rôle de déformation des relations caractéristiques. Nous avons distingué quatre grands types d'actions :

- ❑ Les actions sur la logistique ;
- ❑ Les actions sur la localisation ;
- ❑ Les actions réglementaires ;
- ❑ Les actions d'aménagement urbain.

Nous présentons également quelques cas de mise en œuvre de ces actions dans la mesure où de telles expérimentations « grandeur nature » (Gérardin, 2001) peuvent être un complément très utile à l'exercice de simulation, en apportant des indications sur la sensibilité des acteurs à diverses politiques.

3.1 Les actions sur le système logistique

Les actions sur le système logistique pouvant être prises en compte dans le modèle FRETURB peuvent être classées en deux grandes catégories suivant les objectifs visés (Tableau 1). Ainsi, les actions portant sur les modes d'organisation se feront plutôt dans une optique de réduction des distances parcourues alors que la mise en œuvre de nouveaux choix techniques s'inscrit plus dans un objectif de diminution des durées de stationnement.

Tableau 1 : Les actions sur le système logistique

Objectif	Nature de la mesure	Variable de sensibilité	Indicateur affecté
Réduction de la distance parcourue	Incitation de la collectivité : action coopérative et CDU	Part du compte d'autrui. Augmentation de la taille des tournées	Réduction des Km.Equiv.-VP
Réduction de la durée de stationnement	Promotion d'un type de véhicule adapté aux livraisons urbaines.	Correction des fonctions de durée des arrêts sur le segment d'offre concerné Modification des tailles de tournées	Réduction des H.Equiv.-VP
	Promotion de nouveaux équipements de chargement et de déchargement		
	Nouveaux aménagements pour faciliter l'accessibilité aux établissements ou aux particuliers (emplacements privés, sas, consignes, rampes, quais, etc.)		

Source : Routhier, 2002.

3.1.1 Les actions sur le mode 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 permettre de 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.

Concrètement, de telles actions devraient se traduire par un accroissement de la taille des tournées et/ou une augmentation de la part du compte d'autrui par rapport au compte propre. Ainsi, en modifiant le profil de ces deux variables, il est possible de rendre le modèle FRETURB sensible à de telles actions et d'en simuler les effets.

Sur le plan opérationnel, ce type d'action est à rapprocher des expérimentations de centres de distribution urbains (CDU) ou plus généralement des espaces logistiques urbains (ELU)¹², qui induisent à des niveaux divers de nouvelles organisations logistiques. Un CDU peut se définir comme un équipement ou un système de gestion centralisée du trafic de marchandises ayant pour objectif la massification des flux de marchandises et l'optimisation des tournées de livraison à destination des commerçants ou industriels d'une zone urbaine, en particulier en centre-ville. Ceci, afin de diminuer le nombre de trajets de véhicules utilitaires tout en améliorant l'efficacité de la distribution pour les transporteurs et les destinataires. Actuellement, les expériences de CDU sont au nombre de huit. Trois sont en fonctionnement : à Monaco, un équipement de centre-ville qui a le monopole des livraisons courantes est en activité depuis plus de 10 ans et une plate-forme de stockage transitoire, opérationnelle depuis 1999, deux équipements qui ont bénéficié d'une volonté politique forte du gouvernement monégasque et La Rochelle, qui fonctionne depuis 2000. Les autres projets connaissent des fortunes diverses et sont généralement moins avancés.

¹² Sous ce terme d'ELU, une action fédérative du PREDIT est engagée depuis juin 2001.

Notons que l'incitation par la collectivité à de telles actions affectant les modes d'organisation ne peut se faire sans une réelle coopération entre tous les acteurs impliqués. C'est pourquoi, certaines villes, comme Lyon et Dijon, ont mis en œuvre une coordination et une gestion concertée entre les acteurs institutionnels et économiques : il s'agit de favoriser l'élaboration d'un projet d'ensemble en matière notamment d'organisation logistique et de gestion de plates-formes.

3.1.2 Les nouveaux choix techniques

D'autres actions sur le système logistique pourraient être également simulées. Les mesures correspondantes sont plus de nature technique et devraient affectées principalement la durée d'occupation de la voirie.

Parmi ces mesures possibles, nous pouvons mentionner la promotion de véhicules adaptés aux livraisons urbaines. Actuellement, les véhicules utilisés en zone urbaine sont généralement identiques aux véhicules porteurs interurbains, avec une accessibilité et une ergonomie souvent mal adaptées aux contraintes de temps imposées par la fréquence des arrêts. Citons notamment les difficultés d'accès au trottoir par la route, et la nécessité de sauter du camion, certains porteurs n'étant pas munis de haillons élévateurs. Ainsi, il conviendrait d'adapter les véhicules, selon un compromis entre tonnage, volume utile, surface, encombrement et conditionnement des marchandises transportées et ceci aussi bien sur le plan de l'accès (portes latérales, haillon élévateur), des systèmes de rangement (bacs télescopiques, rayons, rouleaux) comme de la circulation intérieure (entre la cabine du conducteur et le plateau de chargement). Dans le même ordre d'idée, nous pouvons citer également des mesures favorables à la promotion d'équipements de chargement et de déchargement. En effet, la moitié des livraisons se font sans moyens de manutention. De tels équipements de manutention embarqués ou accrochés à l'extérieur du véhicule et adaptés aux conditionnements (diable, chariot, transpalette) devraient améliorer les conditions de livraison.

La simulation de telles mesures implique la définition de règles de substitution des flux entre les différents types de véhicules selon les types de marchandises transportées. Au niveau du modèle (variable de sensibilité), cela se traduirait par une correction des fonctions de durée des arrêts sur le segment d'offre concernée et une modification des tailles de tournées.

3.2 Les actions sur la localisation des activités

La seconde série de mesures qui peuvent être simulées relève des plans d'urbanisme et affecte l'occupation de la voirie par le jeu des délocalisations et substitutions d'établissements entre les différentes zones d'une agglomération (Tableau 2). Dans le modèle, de telles simulations sont effectuées au niveau du module de génération. Dans ce cas, ce sont donc tous les indicateurs de sortie du modèle qui sont modifiés. L'impact de la création d'une zone d'activité ou d'une plate-forme logistique peut être simulé de cette façon.

Tableau 2 : Les actions sur la localisation des activités

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

Source : Routhier, 2002.

Nous savons par exemple que la localisation des plates-formes nécessaires à l'organisation de la relation qui s'établit entre le producteur et le consommateur est loin d'être neutre pour le fonctionnement de la ville. Outre les emplois qui y sont rattachés, ces installations influent directement sur la structuration des flux intéressant l'agglomération. Pourtant, l'attention portée aux conséquences de ces nouveaux équipements est aujourd'hui encore beaucoup trop focalisée sur leurs abords immédiats. La planification urbaine devrait prendre en compte l'impact que produit l'installation d'importants générateurs de fret dans telle ou telle zone sur la circulation des véhicules de livraison, sur le stationnement, etc. Autant d'éléments qui peuvent être simulés par le modèle FRETURB.

3.3 Les actions réglementaires

Une analyse du volet marchandises des PDU en France révèle que les mesures les plus fréquemment proposées dans ce domaine sont d'ordre réglementaire. Certaines de ces mesures pourraient être prises en compte dans le modèle afin d'en évaluer les effets (Tableau 3).

Tableau 3 : Les actions réglementaires

Objectif	Nature de la mesure	Variable de sensibilité	Indicateur affecté
Limitations d'accès à certaines voies ou quartiers, selon le gabarit, le tonnage, l'heure	Réglementation de police	Substitution de certains types de véhicules selon les marchandises Répartition horaire	Réduction ou augmentation des H.Equiv.-VP et des Km.Equiv.-VP
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.Equiv.-VP

Source : Routhier, 2002.

En premier lieu, nous pouvons citer toutes les actions qui relèvent du pouvoir réglementaire de police sur le territoire communal. Dans le domaine du transport de marchandises en ville, ces actions se traduisent notamment par des arrêtés municipaux concernant des limitations d'accès à certaines voies ou quartier selon le gabarit, le tonnage du véhicule ou les horaires. La prise en compte de telles mesures par le modèle se fait par substitution de certains types de véhicules selon les marchandises ou par une modification de la répartition horaire pour ce qui concerne la réglementation des heures de livraison. Dans de nombreuses agglomérations

françaises, la réglementation en vigueur cherche souvent à favoriser l'utilisation de véhicules de petit gabarit pour les livraisons et enlèvements dans les zones denses. On justifie alors ces mesures par le fait qu'il vaut mieux des véhicules moins encombrants, facilitant l'accessibilité et les manœuvres en centre-ville. Parallèlement, on peut aussi penser que plusieurs véhicules de petite taille seront nécessaires pour transporter le chargement d'un seul gros porteur, entraînant de la sorte une augmentation du trafic et de la pollution. Cet exemple montre tout l'intérêt de pouvoir simuler les effets attendus de solutions en apparence simples.

D'autres actions réglementaires pourraient être intégrées au modèle. Il s'agit par exemple de mesures visant à rendre obligatoire dans les documents d'urbanisme des aménagements pour l'accueil des marchandises. Ainsi, selon le code de l'urbanisme un plan d'occupation des sols (POS) peut conditionner la délivrance des permis de construire à une offre de stationnement appropriée (article 12). Dès lors, il est possible d'inciter aux livraisons hors voirie dans les établissements industriels et commerciaux ; ce qui devrait se traduire par une diminution de l'occupation de la voirie par les véhicules à l'arrêt (modification des fonctions de durée des arrêts sur le segment d'offre concerné dans le modèle FRETURB). A l'heure actuelle, seuls quelques PDU évoquent spécifiquement la prise en compte des livraisons dans l'article 12 des POS. Notons que dans ce domaine, la ville de Barcelone en Espagne a pris des mesures très contraignantes (Dablanc, 2000a).

3.4 Les actions d'aménagement urbain

Ces actions sont souvent évoquées conjointement aux contraintes réglementaires et concernent essentiellement l'amélioration des conditions de livraison à travers des aménagements de voirie: emplacements de livraison, amélioration de l'accessibilité des magasins, etc. La simulation par le modèle de l'impact de telles mesures pourraient être réalisée par une correction des fonctions de durée des arrêts sur la ou les zones concernée(s) (Tableau 4).

Tableau 4 : Les actions d'aménagement urbain

Objectif	Nature de la mesure	Variable de sensibilité	Indicateur affecté
Amélioration des conditions de livraison	Aménagements de voirie	Correction des fonctions de durée des arrêts sur la zone concernée	Réduction des durées de livraison

Source : Routhier, 2002.

Les conditions de livraison ne se résument pas à la circulation. Elles sont par exemple souvent rendues difficiles par les nombreux obstacles sur le chemin qui mène du véhicule au lieu d'entreposage ou d'enlèvement de la marchandise. Il faut donc apprendre à penser marchandises lorsque l'on travaille sur un réseau supportant les déplacements. En outre, il est important de faire porter l'effort de conception sur toute la chaîne qui relie le véhicule au lieu de réception ou d'envoi. En effet, à quoi bon s'assurer que des camions équipés de moyens de manutention embarqués puissent stationner pour livrer d'importantes quantités de marchandises si un trottoir mal conçu vient interdire l'usage d'un transpalette.

A l'heure actuelle, il est certain que les emplacements réservés pour les livraisons méritent un traitement plus cohérent : éventuellement plus nombreux, mais surtout mieux calibrés, mieux localisés, davantage protégés des occupations abusives. La plupart des PDU évoquent cette question à travers divers projets :

- ❑ Installation de bornes escamotables pour protéger les emplacements de livraisons (Bordeaux, Nice, etc.) ;
- ❑ Mise en place d'un « plan de localisation des aires de livraison en concordance avec les aménagements liés au stationnement, au TCSP, aux espaces piétons » à Clermont-Ferrand ;
- ❑ Formation des ingénieurs chargés de la voirie aux questions de transport de marchandises à Marseille, etc.

Pour conclure, rappelons qu'en l'état actuel de la connaissance, il apparaît très hasardeux de tenter de mettre en œuvre certaines des simulations présentées. 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 (comme nous l'avons déjà évoqué) 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, ...).

CONCLUSION

A l'issue des recherches menées ces dernières années en France dans le domaine du transport de marchandises, des avancées substantielles sont à retenir. Parmi lesquelles :

- ❑ une meilleure connaissance de l'organisation des flux tant sur le plan qualitatif que sur le plan quantitatif ;
- ❑ une meilleure visibilité du TMV ;
- ❑ une prise de conscience par les acteurs concernés de la complexité de la logistique urbaine, sous-système du système urbain ;
- ❑ une intégration dans la loi de la problématique des marchandises en ville ;
- ❑ une culture "marchandises" qui gagne les services transport des villes qui étaient, jusqu'à présent, presque exclusivement orientés sur les problématiques de déplacements de personnes.

Au cours de cete communication, nous avons constaté que si la contribution du transport de marchandises en ville dans la formation des trafics peut paraître modeste, cela ne doit pas cacher son importance stratégique en termes d'aménagement, de dynamique économique et d'environnement urbain. De nombreux indices ont montré que les comportements des acteurs économiques urbains sont dirigés par des lois générales qui dépassent la problématique locale.

Ils plaident pour la nécessité de considérer des politiques qui associent étroitement les dimensions urbaine et globale de la logistique. Il s'agit, dans cet esprit, de concevoir l'urbanisme commercial et la gestion des villes dans une problématique conjointe avec l'aménagement des équipements logistiques de toute taille dans une vision multimodale. Il apparaît qu'à travers la conception nouvelle de logistique urbaine qui s'exprime notamment à travers les réflexions et l'outil décrits dans cette communication, les enjeux urbains du transport de marchandises, tant en termes environnemental que de développement économique, doivent pouvoir être pris simultanément en compte dans les prises de décision à venir. De toute évidence, les mesures envisagées, si elles sont prises séparément, ne modifieront pas fondamentalement le système de distribution urbaine. Elles ne peuvent qu'avoir des effets limités et de court terme, si elles ne sont pas coordonnées dans une problématique globale.

A travers le modèle FRETURB, la démarche de simulation s'inscrit dans cette optique en apportant des résultats pouvant servir de support à la discussion et constituant un maillon dans une réflexion dynamique entre les différents acteurs. L'enrichissement du jeu de simulations constitue ainsi le principal développement à venir du modèle.

Il n'existe pas aujourd'hui de séries chronologiques des comportements des acteurs de la logistique urbaine, contrairement aux comportements de déplacements des personnes qui sont suivis depuis plus de vingt ans à travers les enquête « déplacements auprès des ménages ». La connaissance des capacités des acteurs à réagir devant les changements à venir ne peut donc s'appuyer sur le traditionnel « regard dans le rétroviseur » qui sous-tend les démarches méthodologiques de simulation de nouvelles politiques et de prospective. Deux approches simultanées peuvent être privilégiées :

- Le suivi d'expérimentations. Dans quelle mesure ces dernières peuvent-elles servir à apporter des éléments de prospective ? Actuellement, ces expérimentations souffrent d'une déconnexion avec la démarche globale des agglomérations concernées et d'un manque de mobilisation dans la durée tant du secteur économique que du secteur économique.
- La mise en place d'un panel d'observation des changements, fondé sur la participation d'acteurs économiques et institutionnels permettrait de mesurer les capacités de changements de comportements, vis à vis de divers scénarios. Deux scénarios d'évolution peuvent être envisagés : un scénario de maîtrise des effets environnementaux du transport de marchandises en ville, un autre scénario concerne la généralisation des nouvelles technologies de la communication à travers le développement du commerce électronique notamment.

BIBLIOGRAPHIE

AMBROSINI C., PATIER D., ROUTHIER J-L. (1997-99), **Transport de marchandises en ville, enquêtes quantitatives de Bordeaux, Dijon et Marseille**, Trois rapports pour le METL/DRAST, Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon.

ARIA TECHNOLOGIES (2000), **Bilan environnemental du transport de marchandises en ville (flux d'achat compris). Communauté Urbaine de Bordeaux**, Rapport pour le compte de l'ADEME et d'EDF, avril, 117 p.

BONNAFOUS A. (2001), **Les marchandises en ville : le problème méthodologique de l'appréhension statistique** in Patier D. (éd.) : *L'intégration des marchandises dans le système des déplacements urbains*, Actes des XIIIèmes Entretiens Jacques Cartier, Montréal, LET, coll. Etudes et Recherches, n°15, juin, pp. 85-91

BOUDOUIN D. & MOREL C. (2002), **L'optimisation de la circulation des biens et services en ville**, Programme national « Marchandises en ville », Ed. La Documentation Française, Paris, 134 p.

CERTU & ADEME (1998), **Plans de déplacements urbains. Prise en compte des marchandises**, Coll. Guide méthodologique, co-Ed. CERTU-ADEME, Lyon, 148 p.

DABLANC L. & PATIER D. (2001), **Les rythmes urbains des marchandises**, in *TEC*, n°166, juillet-août, pp. 2-14

DABLANC L. (2000a), **Les politiques européennes sur les transports de marchandises**, in Patier D. (éd.) : *L'intégration des marchandises dans le système des déplacements urbains*, Actes des XIIIèmes Entretiens Jacques Cartier, Montréal, LET, coll. Etudes et Recherches, n°15, juin, pp. 223-244

DABLANC L. (2000b), **Transport de marchandises en ville : connaître et agir sur les déplacements d'achat**, Rapport du GART pour le METL-DRATS, juillet, 44 p.

DABLANC L. (1998), **Transport de marchandises en ville. Une gestion publique entre police et services**, Ed. Liaisons, Paris, 182 p.

DUFOUR J-G (2001), **L'émergence du problème des marchandises en ville en France et en Europe de l'Ouest**, in *TEC*, n° 163, pp.2-7

DUFOUR J-G., FRITSCHÉ J-F., RIPERT C. (1996), **Le programme « Transports de marchandises en ville » quelques repères pour une approche globale**, in *Transports Urbains*, n° 91, avril-juin, pp.

GERARDIN CONSEIL (2001), **Programme national « Marchandises en ville ». Premiers enseignements à tirer des expérimentations innovantes**, Rapport pour le METL-DRAST et l'ADEME, p. mult.

GERARDIN CONSEIL, PATIER D., ROUTHIER J-L., SEGALOU E. (2000), **Diagnostic du transport de marchandises dans une agglomération**, Programme national « Marchandises en ville », Ed. DRAST-ADEME, avril , 85 p.

PATIER D. (2002), **La logistique dans la ville**, Ed. Celse, 167 p.

PATIER D. (2001), **Diagnostic sur les enquêtes françaises, tentative de globalisation**, in Patier D. (éd.) : *L'intégration des marchandises dans le système des déplacements urbains*, Actes des XIIIèmes Entretiens Jacques Cartier, Montréal, LET, coll. Etudes et Recherches, n°15, juin, pp. 125-144

RIPERT C. (2000), **Les enjeux environnementaux du transport de marchandises en ville**, Congrès de l'ATEC, Presses des Ponts et Chaussées, Paris, pp. 110-119

ROUTHIER J-L. (2002), **Du transport de marchandises en ville à la logistique urbaine**, in *2001 Plus - Synthèses et Recherches*, n° 59, DRAST, 67 p.

ROUTHIER J-L., SEGALOU E., ARAUD C. (2001), **Données nécessaires pour les bilans environnementaux du transport de marchandises en ville - le cas de Bordeaux, Dijon et Marseille**, Rapport final pour le compte de l'ADEME et EDF, Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon, 120 p.

ROUTHIER J-L.. (2001), **Un outil de simulation des effets des politiques urbaines sur le transport de marchandises en ville** in Patier D. (éd.) : *L'intégration des marchandises dans le système des déplacements urbains*, Actes des XIIIèmes Entretiens Jacques Cartier, Montréal, LET, coll. Etudes et Recherches, n°15, juin, pp. 85-91

ROUTHIER J-L., SEGALOU E., DURAND S. (2001), **Mesurer l'impact du transport de marchandises - le modèle FRETURB version 1**, Ed. DRAST-ADEME, octobre, 104 p.

SEGALOU E. (2000), **Etude comparative de la mobilité d'achat dans trois agglomérations de Province : Bordeaux, Dijon et Marseille**, Rapport d'étape n° 4 pour le compte de l'ADEME et du METL-DTT, avril, pp. 22-48

Les sites internet :

www.transports-marchandises-en-ville.org : site du ministère des Transports - Direction des Transports Terrestres. Outre une bibliographie thématique sur le sujet, il rassemble les principaux résultats des travaux réalisés dans le cadre du programme national « Marchandises en ville ».

www.bestufs.net : site du réseau thématique européen « BEST Urban Freight Solution », qui rassemble des représentants de tous les pays de l'Union Européenne et de leurs voisins comme la Suisse. C'est un forum qui permet aux acteurs économiques et scientifiques de ces pays de confronter leurs expériences et leurs points de vue.

www.citylogistics.org : site de The Institute for City Logistics (ICL) de Kyoto. Cet organisme universitaire organise tous les deux ans des conférences internationales sur la logistique urbaine.