



HAL
open science

Le BtoC à l'épreuve de la logistique urbaine : quand la qualité de l'information favorise la mutualisation des livraisons...

Bruno Durand, Marie-Pascale Senkel, Hoa Vo

► To cite this version:

Bruno Durand, Marie-Pascale Senkel, Hoa Vo. Le BtoC à l'épreuve de la logistique urbaine : quand la qualité de l'information favorise la mutualisation des livraisons.... Rencontres Internationales de Recherche en Logistique & SCM, Aug 2012, Montréal, Canada. hal-01779809

HAL Id: hal-01779809

<https://hal.science/hal-01779809v1>

Submitted on 27 Apr 2018

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.

Le BtoC à l'épreuve de la logistique urbaine :
quand la qualité de l'information favorise
la mutualisation des livraisons...

Bruno Durand

Université de Nantes, France
(bruno.durand@univ-nantes.fr)

Marie-Pascale Senkel

Université de Nantes, France
(marie-pascale.senkel@univ-nantes.fr)

Thi Le Hoa Vo

IGR-IAE – Université de Rennes 1, France
(thi-le-hoa.vo@univ-rennes1.fr)

Résumé

Le commerce électronique connaît désormais un véritable essor dont les impacts logistiques ne peuvent laisser indifférents. Le bouleversement est en effet de taille, puisqu'il s'agit, en BtoC, de livrer l'internaute chez lui ou bien de lui permettre de retirer les produits, qu'il a achetés en ligne, sur des points de retrait. Rien de très aisé en fait, surtout quand les villes connaissent déjà une congestion de leur trafic, due aux livraisons des commerces de proximité et aux déplacements des ménages. Le développement du e-commerce complexifie, par conséquent, sérieusement la logistique...

C'est la raison de notre communication, une communication qui est essentiellement centrée sur la problématique de la distribution urbaine et qui prend appui sur nos travaux de recherche, des travaux consacrés aux différentes manières de surmonter les obstacles inhérents à la livraison des colis aux particuliers. Face aux difficultés rencontrées dans les villes, nous sommes aujourd'hui de plus en plus persuadés que des formes de coopérations entre acteurs, au premier rang desquelles se trouve la mutualisation logistique, peuvent permettre de surmonter l'obstacle du tout dernier kilomètre. L'objectif de notre papier consiste, ainsi, à nous intéresser précisément à trois scénarii de distribution urbaine, et à démontrer que la mutualisation des flux physiques conjuguée à l'amélioration de la qualité de l'information contribuent avantageusement à l'élévation du niveau de performance logistique, tant sur le plan écologique que sur le plan économique.

Mots clés : Livraisons urbaines, BtoC, Mutualisation, Information, Dynamique des systèmes

1. INTRODUCTION

Le transport des marchandises en ville (TMV) a longtemps fait l'objet d'une double ignorance : celle du politique et celle du scientifique (Patier, 2002). Il a ainsi fallu attendre les années 1970 (Dufour et Patier, 1997), pour voir les autorités publiques élaborer les premiers PDU (Plan de Déplacement Urbain), c'est-à-dire en fait les premières réglementations régissant la livraison des marchandises en ville. Cette prise de conscience, progressive et collective, était inéluctable quand on sait que, dans une agglomération, le transport de marchandises (livraisons et enlèvements) représente en moyenne 30% de l'occupation de l'espace de voirie. Aujourd'hui plus que jamais, du fait du regain de vitalité des petits commerces de centre-ville, il s'agit d'y éviter toute congestion de circulation et toutes pollutions (atmosphérique et sonore) et, donc, d'y maîtriser les déplacements des véhicules, en particulier lors des livraisons.

A une époque où le commerce électronique *BtoC* se développe à un rythme soutenu (+ 22% en France en 2011, selon la Fevad¹), il paraît également fondamental de se préoccuper de la problématique que représentent les livraisons des internautes, que celles-ci se fassent directement à leur domicile (LAD) ou qu'elles aient lieu sur des points de retrait en dehors du domicile (LHD). La France compte, à ce jour, plus de 31 millions d'acheteurs en ligne : s'il est probable que ce nombre stagnera dans quelques années, celui du nombre de colis à livrer devrait, en revanche, continuer à croître de manière significative. Ne perdons pas de vue, en effet, que le nombre moyen de transactions commerciales est seulement aujourd'hui de une par consommateur et par mois. La logistique urbaine pourrait donc constituer, demain, un facteur clé de développement (ou bien d'échec) de la vente en ligne.

C'est la raison pour laquelle nous souhaitons, au cours de cette communication, nous concentrer sur les livraisons urbaines et, plus précisément, sur le concept de mutualisation logistique, l'objet de notre première partie. Soulignons que le développement du *BtoC* vient nettement complexifier la logistique urbaine : livrer des commerçants de centre-ville n'est déjà pas aisé, livrer de plus en plus de colis aux particuliers n'est pas pour en faciliter la tâche. Nous serions pourtant tentés d'écrire que

¹ Fevad : Fédération du e-commerce et de la vente à distance

la problématique de la distribution urbaine est, aujourd'hui, en partie résolue dans la mesure où l'offre e-logistique s'est nettement développée. Ce serait sans doute nous précipiter, car si l'offre existe bien en termes de LAD et de LHD, nous pouvons en revanche nous montrer dubitatifs quant à l'aptitude de l'e-logistique à répondre, demain encore, à la demande croissante des internautes. L'offre logistique actuelle peut-elle, en effet, garantir un développement soutenu du *BtoC* et, en même temps, s'inscrire dans une perspective de développement durable, en particulier sur les plans écologique et économique ?

C'est à cela que notre papier souhaite s'intéresser. Pour ce faire, nous avons délibérément choisi de nous appuyer sur trois scénarios de distribution urbaine, trois scénarios qui seront présentés dans la deuxième partie et à partir desquels nous chercherons à montrer, en ayant recours à la simulation (troisième partie) et plus précisément à la dynamique des systèmes, que la mutualisation des flux physiques conjuguée à l'amélioration de la qualité de l'information devraient contribuer avantageusement à l'élévation du niveau global de performance logistique, tant sur le plan écologique que sur le plan économique. D'un point de vue méthodologique, ajoutons que l'élaboration des trois *scenarii* s'est faite après avoir conduit un certain nombre d'entretiens d'experts, des entretiens semi-directifs menés essentiellement auprès de PSL (Prestataires de Services Logistiques).

2. COOPERATION ET MUTUALISATION LOGISTIQUE

La coopération est un thème fort des relations inter-organisationnelles. Les travaux en logistique se sont ainsi, depuis longtemps, intéressés aux bénéfices des synergies dans la gestion des flux entre les différents membres du canal de distribution, à commencer par ceux des coopérations logistiques verticales. S'y ajoutent, depuis peu, ceux des relations horizontales, dont nous regarderons une des expressions : la mutualisation logistique.

2.1 Coopération / collaboration dans le canal de distribution

Précisons que les stratégies coopératives au sein du canal s'étudient en mobilisant, généralement, soit les concepts de l'analyse stratégique, soit ceux de l'analyse relationnelle.

2.1.1 Selon l'analyse stratégique

La stratégie de coopération consiste pour des acteurs autonomes à concerter leurs actions. Un certain consensus existe pour voir dans les relations de type coopératif un moyen d'obtenir un avantage concurrentiel (Ganesan, 1994 ; Mohr et Spekman, 1994 ; Skytte, 1991). La pression concurrentielle oblige les partenaires à trouver de nouvelles armes stratégiques : la coopération en fait partie. On retrouve cette vision chez Pras (1991), « *la coopération sera logique chaque fois qu'elle profitera au distributeur et au producteur en termes de différenciation et de marge nette ; elle sera pertinente si elle minimise les coûts globaux et ceux de chaque acteur tout en maximisant la valeur ajoutée* ». L'observation des stratégies déployées par les industriels du secteur de l'agro-alimentaire et leurs distributeurs montre notamment que la coopération apparaît « *à tous les échelons de la chaîne de valeur : standardisation des systèmes de facturation, réductions des coûts administratifs et logistiques, réduction des coûts de production...* ». Cette liste, établie par Pras (1991), montre que c'est la logistique qui est en premier lieu concernée par les stratégies de coopération. On retrouve le même constat chez Gill et Allerheiligen (1996). C'est principalement dans les activités de distribution physique que sont observées des relations de type coopératif entre industriels et distributeurs. Les raisons avancées tiennent d'une part aux bénéfices substantiels réalisables mais aussi au fait que la distribution physique est parfaitement dissociable de la négociation commerciale, activité hautement génératrice de conflits entre les membres du canal.

2.1.2 Selon l'analyse relationnelle

L'analyse des relations au sein des canaux de distribution s'est longtemps focalisée sur la notion de conflit. Alderson (1969) fait figure de précurseur lorsqu'il affirme que la coopération est aussi courante que la compétition dans ces canaux. Le constat est identique chez Fernie (1992) : on passe progressivement d'une phase de confrontation à

des relations de collaboration qualifiées aussi « *d'associatives* ». Pour Angelmar (1992), la coopération n'est qu'une des formes de résolution des conflits dans le canal de distribution. Elle est définie comme un comportement visant « *à satisfaire les objectifs de chacun* » ou encore comme une « *orientation vers la résolution des problèmes* ». D'autres auteurs voient la coopération comme l'expression d'un nouveau paradigme marketing (Arndt, 1979). Les relations entre producteurs et distributeurs se trouvent ainsi placées sous le double signe de la confrontation et de la coopération. On peut ainsi schématiser que la confrontation est issue de la négociation sur les conditions d'achat, alors que la coopération vise à optimiser les flux physiques et d'informations lorsque la relation est établie.

2.2 Collaborations dans les activités logistiques

Lambert et *al* (1999) définit la collaboration logistique comme « *une relation d'affaires individualisée basée sur la confiance mutuelle, la franchise, le partage des risques et des récompenses qui rapporte un avantage compétitif, ayant pour résultat une performance plus importante que si les entreprises avaient agi individuellement* »¹.

Filser et *al* (2001) soulignent que ce sont principalement de collaborations verticales dont il a été question, jusqu'à présent, dans les travaux en logistique. La collaboration verticale se définit comme une collaboration entre acteurs d'une même *supply chain*, dans le cadre de relations industriel-distributeur ou de relations avec les PSL. Parmi les principaux outils de la collaboration, il est d'usage de faire référence à la Gestion Partagée des Approvisionnements (GPA), à l'*ECR (Efficient Consumer Response)* ou encore au *CPFR (Collaborative Planning Forecasting Replenishment)*. Ajoutons que Nagati et *al* (2008) sont à l'origine d'une revue de la littérature, on ne peut plus complète, sur les phénomènes collaboratifs dans les chaînes logistiques.

Cependant, comme le développent Van Lier et *al* (2010), la collaboration peut tout autant être horizontale. Concernant ce dernier point, un travail important a été entrepris par Cruijssen et *al* (2007) dans le but de recenser l'ensemble des travaux. Il semble, ainsi, qu'actuellement un courant non négligeable se tourne vers la compréhension des

phénomènes collaboratifs horizontaux, c'est-à-dire « *entre les acteurs au même niveau, par exemple entre les fournisseurs, entre les prestataires, ou entre les distributeurs dans une chaîne logistique. L'introduction de ce principe a pour objectif de mettre en commun des schémas et des réseaux logistiques dédiés, autrement dit de faire de la mutualisation* » (Pan, 2010). Pan (2010) s'est, en particulier, intéressé aux schémas logistiques mutualisés et, plus précisément, à leur impact sur les émissions de CO₂ dans les chaînes d'approvisionnement de la grande distribution. De leur côté, Ljungberg et Gebresentbet (2004) se sont intéressés à la distribution dans le centre-ville d'Uppsala en Suède. Le trafic de marchandises y a augmenté de 10% en 10 ans et les émissions de CO₂ de 21% sur la même période. Leur étude souligne l'intérêt d'une coordination des flux entre les différents intervenants pour la livraison des zones urbaines denses, cela dans un but à la fois économique (réduction du nombre de véhicules nécessaires, diminution des coûts de livraison...) et écologique (utilisation de véhicules plus propres et moins bruyants, diminution des kilomètres parcourus...). Plus globalement, avec le développement du SCM, les PSL sont devenus des acteurs clés de la dynamique d'évolution des chaînes logistiques (Fulconis et al, 2011), et ce notamment dans le secteur de la distribution urbaine, un univers où les stratégies de mutualisation semblent *a priori* bienvenues. Portés par une évidente volonté politique, de nouveaux schémas logistiques y sont en effet attendus, schémas au sein desquels le rôle des e-PSL (Prestataires de Services Logistiques spécialisés en *BtoC*) pourrait être décisif. L'utilisation non optimale des ressources est, en effet, générateur de deux types de nuisances : (1) environnementales (congestion des voies, émissions de CO₂ et de pollutions sonores...) ; (2) économiques (augmentation du coût du dernier kilomètre).

3. LIVRAISONS URBAINES, LES SCENARIOS D'EVOLUTION ATTENDUS

Aujourd'hui, en matière de TMV, une idée semble donc faire son chemin, signe d'une évolution des mentalités : c'est le concept de mutualisation des livraisons. Le développement important du *BtoC* et le renouveau du commerce de centre-ville en sont

¹ « *a tailored business relationship based upon mutual trust, openness, shared risk and shared rewards that yields a competitive*

à l'origine. Si les livraisons des commerçants ne semblent pas avoir toujours été considérées avec la plus grande attention, l'impact attendu du commerce en ligne sur les livraisons en ville oblige, désormais, à une autre attitude. Deux principaux *scenarii* d'évolution semblent se profiler à l'horizon.

3.1 Le scénario de la « Mutualisation zéro »

En matière de logistique urbaine, à quoi devons-nous nous attendre demain ? Si nous nous tournons vers les experts du CERTU (Thévenon, 2011), il faut nous attendre à voir le nombre et le volume des livraisons en ville augmenter, et cela pour deux raisons principales : (1) du fait de la redynamisation du commerce de proximité, les flux vont augmenter en *BtoB* ; (2) du fait de la progression du *BtoC*, le nombre de LAD et celui de LHD sont également appelés à croître. Face à cela, chaque opérateur va chercher à s'améliorer, indépendamment de ses confrères : c'est le règne du « chacun pour soi ». L'un des objectifs en *BtoC* est de réduire le taux d'échec des LAD, taux estimé par La Poste à 10-15%. Il s'agit alors, pour les cyber-commerçants, les e-PSL et les internautes, de tendre vers le « 0-commande non livrée », un véritable défi. Cela passe par la préconisation de solutions variées (Patier, 2009) comme, en particulier, le concept de « boîte de réception tri-température », un concept inexistant en France mais que l'on peut rencontrer dans certains pays du nord de l'Europe. Cela passe également par une évolution des modes d'exploitation : ces derniers doivent évoluer vers une gestion plus dynamique, de manière à intégrer des informations « statutaires » au tout dernier moment (par exemple la présence ou non de l'internaute à son domicile). Il s'agit, tout simplement, de réduire les kilomètres inutiles en écourtant par exemple une tournée quand des internautes seront finalement absents de leur domicile et que la livraison se révèle alors impossible. Bien entendu, ce pilotage dynamique des tournées n'est réalisable que si les consommateurs signalent leur absence à temps. A cette condition (qualité d'information suffisante), il engendre une réduction des coûts d'exploitation ainsi qu'une baisse des émissions de GES (Gaz à Effet de Serre). Force est de souligner que ces différentes solutions correspondent à des initiatives totalement individuelles (*vs*

advantage, resulting in business performance greater than would be achieved by the firms individually »

globales) : soucieux de participer à la diminution des nuisances en ville, les opérateurs font ainsi le choix de se tourner vers plus de technologie (gestion en temps réel des tournées) ou encore vers des véhicules plus propres et moins encombrants. C'est une première étape, certes, et elle est importante. Mais, il nous faut ajouter que ces démarches individuelles sont complètement dénuées de toute volonté de coopérer avec des confrères afin de mutualiser les flux. Dans ces conditions, la congestion et les nuisances en ville ne devraient pas pouvoir réellement diminuer, rendant la logistique urbaine de plus en plus périlleuse sur les plans écologique et économique.

Le scénario de la « Mutualisation zéro » renferme, en fait, deux sous-*scenarii* : (1) celui des spécialistes de la LAD, comme l'est notamment La Poste française (se reporter à la figure 1) ; (2) celui des experts de la LHD, comme le sont par exemple Kiala, Mondial Relay ou encore Relais Colis, *via* leurs réseaux maillés de points de retrait (se reporter à la figure 2). Afin d'établir ces différentes cartographies de flux associés à la distribution des colis aux ménages, nous avons conduit des entretiens avec l'ensemble des acteurs impliqués dans la mise en œuvre de cette logistique domestique. Ces entretiens étaient structurés autour de quatre thèmes majeurs : (1) les expériences actuelles de mutualisations de flux physiques en *BtoC* ; (2) les informations nécessaires à la mutualisation de ces flux ; (3) le bilan économique et environnemental de ces différentes mutualisations ; (4) la qualité des informations à atteindre en vue d'une mutualisation augmentée des flux physiques. Nous les avons généralement complétés par des observations *in situ* afin de visualiser au mieux l'ensemble des contraintes physiques et informationnelles liées à la gestion très capillaire des derniers kilomètres.

Les e-PSL (par exemple les postes nationales et les expressistes) sont, dans ce cas, concurrents les uns des autres : chacun s'appuie sur son propre réseau. Il n'y a pas de collaboration entre les différents acteurs (« 0-mutualisation ») : les tournées de livraisons sont distinctes, ce qui signifie qu'un même internaute peut être livré plusieurs fois dans la journée, et par des prestataires logistiques différents. Si l'internaute est absent de son domicile, et si sa boîte à lettres n'est pas normalisée ou tout simplement assez grande ou bien encore si un émargement est nécessaire, cela se traduit par l'échec de plusieurs livreurs lors de la présentation des colis.

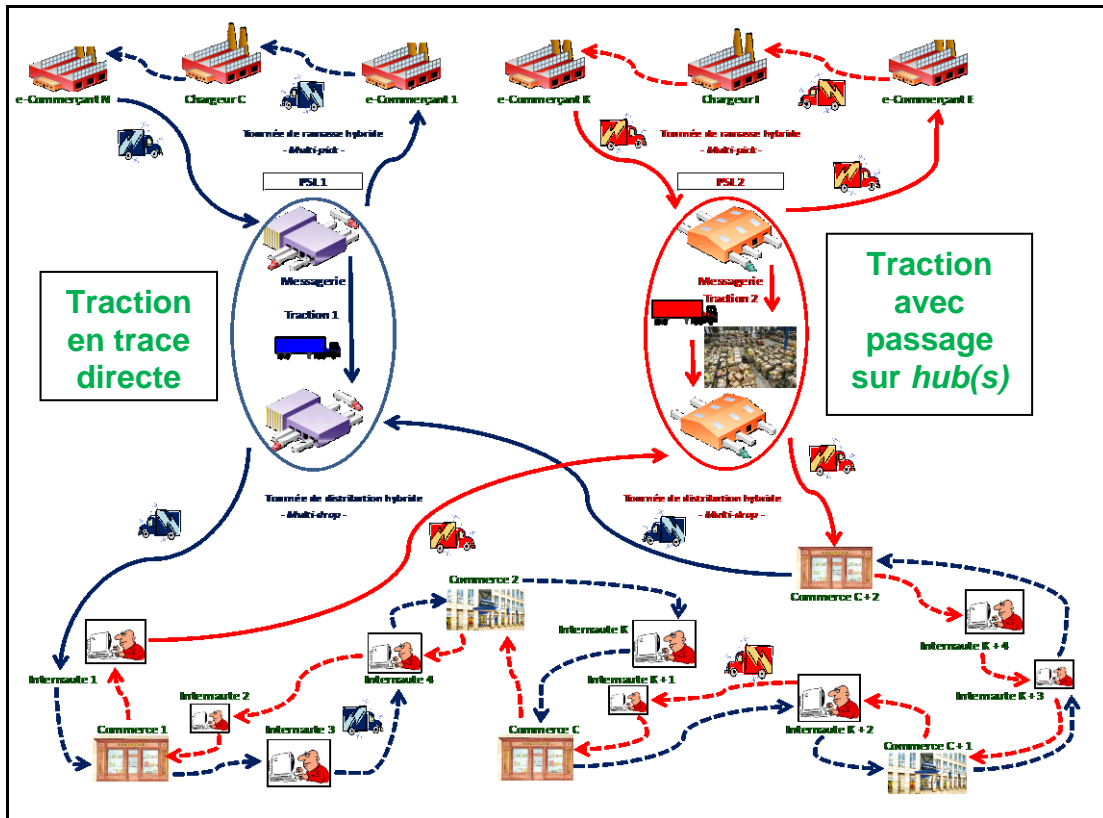


Figure 1. Scénario de la LAD des internautes urbains sans mutualisation des tournées de livraison en centre-ville

Dans le cadre du deuxième sous-scénario, celui des experts de la LHD, les e-PSL (cette fois les réseaux de points relais) sont également concurrents les uns des autres : chacun s'appuie sur son propre réseau de distribution, c'est-à-dire sur ses propres commerçants de proximité. Il n'y a toujours pas de collaboration entre les différents acteurs, ce qui signifie qu'un même internaute peut être amené à se déplacer le même jour, en fonction des commandes en ligne qu'il a passées (et donc en fonction des partenariats logistiques signés par les web-marchands concernés), sur plusieurs points relais (une fois à La Poste, une autre fois chez Kiala, une autre fois encore chez Mondial Relay...). Précisons cependant qu'une partie de ces déplacements mobilisent des moyens « doux » (à pied, en bicyclette, en rollers...), dans la mesure où ces points de retrait se situent généralement à quelques centaines de mètres du domicile de l'internaute.

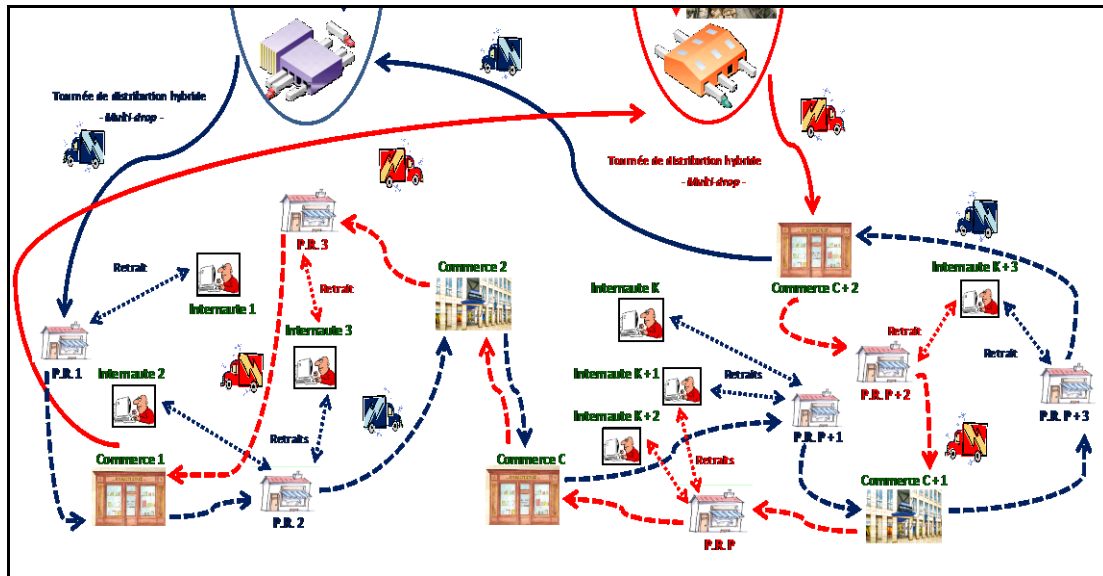


Figure 2. Scénario de la LHD des internautes urbains sans mutualisation des tournées de livraison en centre-ville

3.2 Le scénario de la « Mutualisation totale »

Dans le cadre de ce deuxième scénario, les e-PSL (par exemple des messagers privés) demeurent toujours concurrents mais souhaitent, cette fois, collaborer ensemble sur les derniers kilomètres. La situation est effectivement délicate, depuis longtemps déjà, en *BtoB* et elle pourrait l'être encore plus en *BtoC*. En effet, les internautes souhaitent-ils vraiment être dérangés, à leur domicile, de manière intempestive par plusieurs livraisons au cours d'une même soirée ? Il est aisé de comprendre que si le consommateur fait le choix de limiter ses déplacements en magasin, en optant pour des achats en ligne, ce n'est peut-être pas pour connaître d'autres désagréments... Il apparaît donc essentiel de limiter ces dérangements car ils pourraient, sinon, constituer un sérieux frein au développement du commerce en ligne, d'autant qu'ils contribueraient, en plus, à l'aggravation de l'engorgement des centres de vie et à l'augmentation des pollutions de tous ordres liées à l'augmentation du nombre de véhicules en circulation (Gratadour, 2004). Ne perdons pas de vue, également, que le commerce en ligne ne supprime pas pour autant la vente en magasin et, donc, les flux de véhicules des particuliers (Alligier, 2007). Il s'agit, par conséquent, de favoriser les solutions qui permettent de tendre vers un « coup de sonnette » unique, minimisant à la fois dérangements et déplacements.

L'organisation de la distribution postale du courrier (le facteur passant au plus une fois par jour au domicile d'un ménage) est, à ce titre, riche d'enseignements. Cette problématique du dernier kilomètre pose par conséquent la question des infrastructures de distribution, tout particulièrement celle des ELU (espaces logistiques urbains), c'est-à-dire en fait la nécessité de lieux de mutualisation où les commandes des internautes pourraient être regroupées et « assemblées » (Yrjölä, 2003 ; Dablanc, 1998) afin : (1) de réduire le nombre de LAD et de LHD ; (2) de réduire, de ce fait, kilomètres parcourus (par les e-PSL, mais aussi par les internautes dans le cadre de retraits) et temps passé à livrer, ce qui devrait automatiquement entraîner une diminution des coûts ; (3) d'ouvrir des perspectives allant au-delà du « facteur 2,5 » de réduction des émissions de carbone. Après le scénario « Mutualisation zéro », celui de la « Mutualisation totale » correspond donc à une rupture significative dans le comportement des acteurs : il traduit leur réelle volonté d'améliorer la performance de la logistique urbaine. Sur la partie amont, chacun s'appuie donc sur son propre réseau y compris pour livrer, lors de tournées de distribution, les différents ELU dont la gouvernance peut tout à fait être « multi-céphale ». En revanche, sur la partie aval, il y a mutualisation des flux afin de rendre possible le « tout en un » (se reporter à la figure 3), c'est-à-dire la LAD de tous les colis en une seule fois ou bien le retrait de ces mêmes colis, toujours en une seule fois (« *only one-stop pickup* »), sur un ELU donné ou sur un point de retrait livré lui-même par un ELU de proximité. Précisons que cette mutualisation des flux physiques, qui participe bien évidemment à l'amélioration des performances écologique et économique de la distribution urbaine, nécessite au préalable une mutualisation partielle des flux d'informations, une condition absolument capitale qui implique notamment l'adoption, pour le traitement des colis, d'une étiquette directionnelle « standard ». Ce scénario passe donc obligatoirement par le développement d'une plate-forme de mutualisation virtuelle (partage minimal d'informations logistiques [adresses, contacts, disponibilités...]).

Si la réduction des nuisances passe par une diminution du nombre de véhicules, n'oublions pas non plus qu'elle passe également par la baisse des distances parcourues (Boudouin et Morel, 2002). Comme le souligne encore Patier (2002), le nombre de lieux

de traitement logistique du fret, en *BtoB* comme en *BtoC*, et la pertinence de leur implantation dans la ville sont vraiment déterminants et contribuent à la performance de la logistique urbaine.

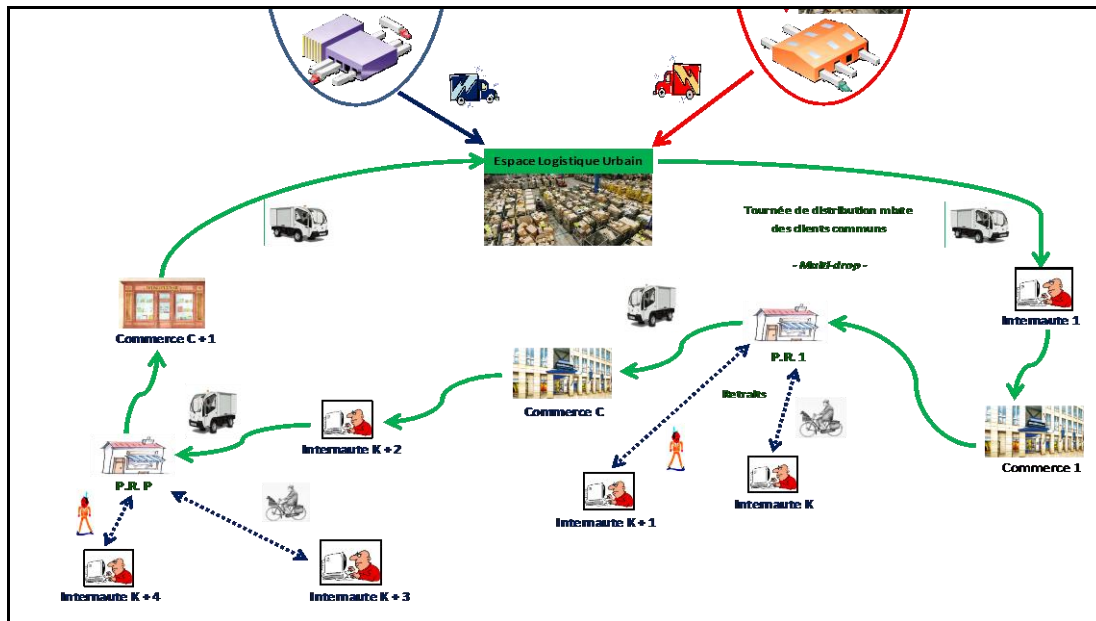


Figure 3. Scénario de la LAD et de la LHD des internautes urbains avec mutualisation des tournées de livraison en centre-ville *via* un ELU

4. LA DYNAMIQUE DES SYSTEMES COMME OUTIL DE SIMULATION

Dans cette partie, nous proposons une modélisation de nos trois scénarios de base. Pour cela, d'un point de vue méthodologique, nous avons choisi de mobiliser la dynamique des systèmes (DS) de Forrester (1958), qui nous paraît la plus adaptée à notre recherche. Précisons que la DS constitue une approche systémique et que l'application de la théorie générale des systèmes aux systèmes économiques est régulièrement utilisée pour observer les évolutions des systèmes et les tendances de façon macroscopique. La DS est ainsi devenue un outil majeur pour analyser et résoudre les problèmes complexes, les organisations étant alors décrites par la régularité des flux, et non par les entités qui les composent (Thiel et Vo, 2008). Soulignons enfin que les applications contemporaines de modélisation en DS se retrouvent particulièrement dans les domaines d'intégration de la chaîne logistique. Plus précisément, la DS est considérée comme une méthode de

représentation graphique et de simulation numérique de systèmes dynamiques. Rappelons ses deux caractéristiques essentielles :

- Les systèmes dynamiques sont représentés en termes de stocks et de flux. Les variables de stocks expriment non seulement l'état du système, mais aussi les intégrations dans le temps des flux d'entrée et de sortie, représentés par les variables de flux.

- C'est la structure globale du système, c'est-à-dire les interactions entre ses différents stocks par l'intermédiaire de taux qui agissent sur eux, qui déterminent le comportement dynamique.

Par ailleurs, la démarche générale de cette approche tient en quatre étapes clés : (1) à partir de l'observation d'un système, un diagramme de causalité est construit dans le but de mettre en évidence les mécanismes dynamiques du système ; (2) à partir de ce diagramme, un modèle flux-stock est développé en élaborant des formulations mathématiques qui décrivent les relations cause-effet pour toutes les variables ; (3) le modèle obtenu est lui-même simulé ; (4) les résultats de la simulation permettent de comprendre les phénomènes émergents et servent à proposer des modifications éventuelles.

Nous avons donc choisi de développer un modèle de DS, à partir de l'étude qualitative préalable qui a permis de mettre en évidence nos trois scénarios de référence (LAD, LHD, ELU). Les différentes informations recueillies nous ont, tout d'abord, servi à déterminer la structuration (flux physiques et informationnels) des trois systèmes, puis à analyser la synchronisation des procédures établies entre les partenaires par des diagrammes de causalité.

Dans le premier diagramme (*cf.* figure 4), nous avons deux boucles de *feedback* positives, ce qui signifie que la qualité des informations sur les internautes ainsi que celle sur les données fournies par les e-commerçants ont un impact fort sur la LAD des internautes par les e-PSL. Une bonne qualité de l'information devrait : (1) augmenter le taux de réussite lors de la 1^{ère} présentation des colis en LAD (de 85 à 90 et même 95%) ; (2) diminuer le nombre de colis retournés (de 15 à 10 et même 5%) ; (3) réduire les coûts de livraison (diminution des kilomètres parcourus) et les émissions de CO₂.

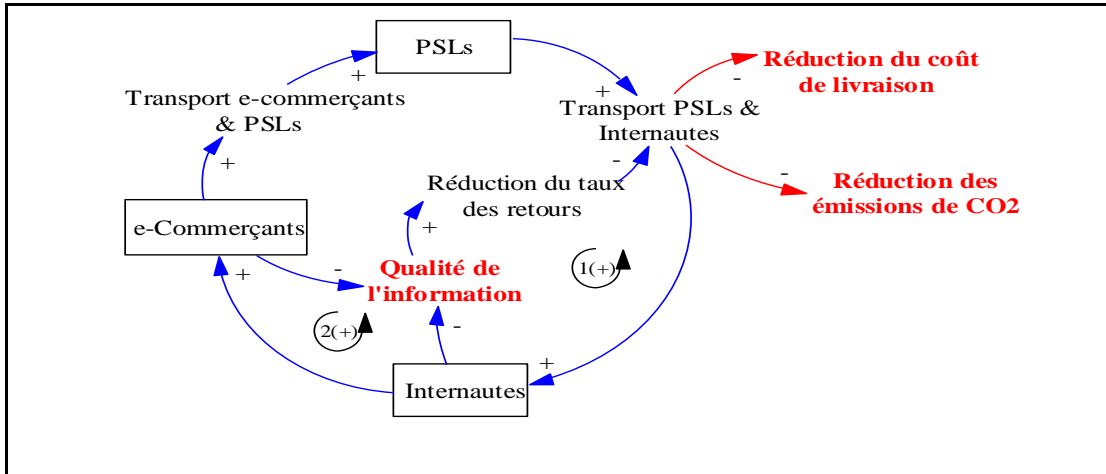


Figure 4. Diagramme de causalité du scénario de la LAD

Dans ce deuxième diagramme (figure 5), nous avons une troisième boucle de *feedback* positive traduisant l'impact de la qualité de l'information sur les déplacements entre e-PSL et points de retrait (ce sont des commerces), pour la distribution des colis, et entre domicile et points de retrait, pour la collecte des colis. Une bonne qualité de l'information devrait également impacter : (1) à la hausse, le taux de réussite de la 1^{ère} présentation (de 96 à 98%) ; (2) à la baisse, le taux des retours (de 4 à 2%) ; (3) à la baisse, le coût total de distribution ainsi que les émissions de CO₂.

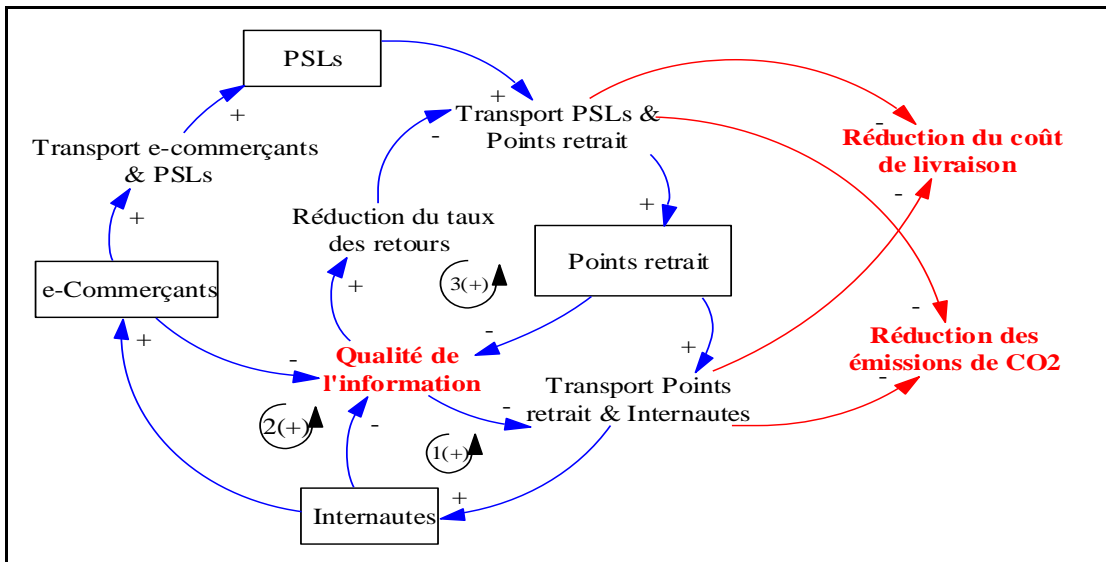


Figure 5. Diagramme de causalité du scénario de la LHD

Dans la figure 6, nous constatons qu'il y a, en plus, une quatrième boucle de *feedback* positive traduisant l'impact de la qualité de l'information provenant de la mutualisation des flux tout d'abord en amont de l'ELU, puis en aval : entre l'ELU et le domicile des internautes, dans le cadre d'une LAD, ou entre l'ELU et un point relais, dans le cadre d'une LHD. Les quatre boucles de *feedback* positives montrent que ces impacts peuvent de la même manière, du fait d'une qualité de l'information élevée, réduire le coût total de la distribution ainsi que les émissions de CO₂.

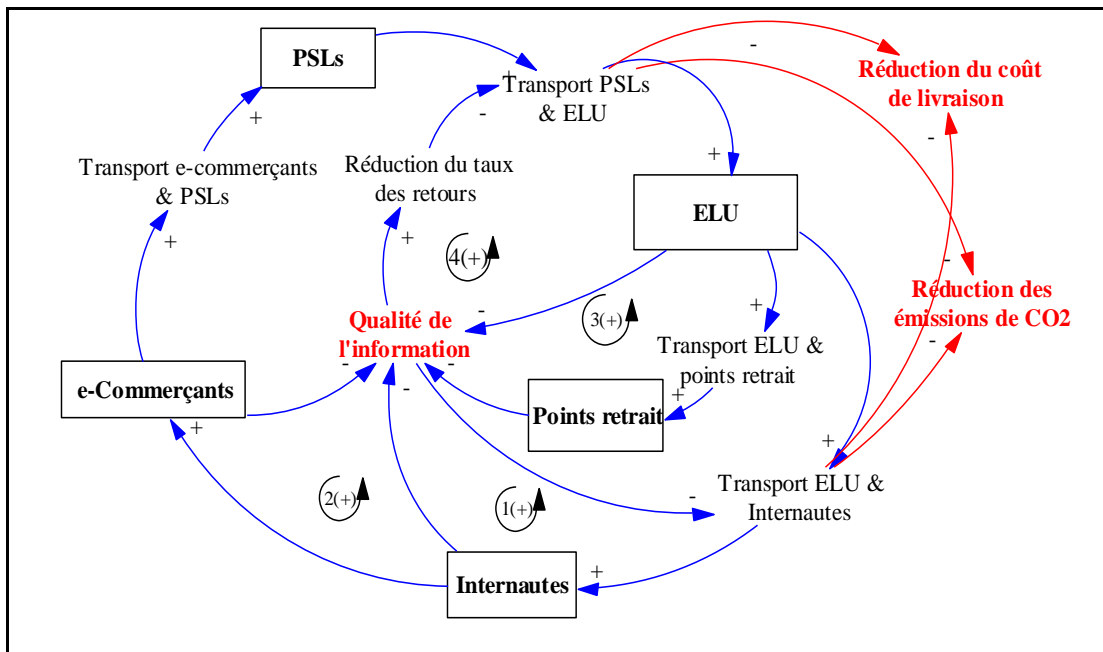


Figure 6. Diagramme de causalité du scénario de la mutualisation *via* ELU

C'est à partir de ces trois diagrammes de causalité et de formulations mathématiques (équations différentielles), que nous avons pu ensuite élaborer les modèles flux-stock, en ayant recours au logiciel de simulation dynamique Ithink®. Pour chaque modèle flux-stock, les variables de performance économique et écologique ont alors été formalisées par les deux équations :

$$Total_Trans_Cost(t) = \sum_{i=1}^n Numb_Km_i(t) * Cost_Per_Km_i$$

$$Total_CO2(t) = \sum_{i=1}^n Numb_Km_i(t) * CO2_Rate_Per_Km_i$$

avec :

- *i* : type de véhicule (camion porteur / véhicule utilitaire / voiture de l'internaute...)
- *n* : nombre de véhicules
- *Numb_Km*: nombre total de kilomètres parcourus (pour les livraisons et pour le retour)

C'est à partir de ces différents éléments (diagrammes de causalité et modèles flux-stock) que nous avons pu réaliser les différentes simulations afin d'analyser, ensuite, les variables de performance : les coûts de livraison et les émissions de CO₂. Les résultats montrent que le coût de transport et que les émissions de CO₂ sont plus élevés dans le premier scénario, celui de la LAD, du fait d'un plus grand nombre de kilomètres parcourus et de l'utilisation de véhicules plus grands et, donc, plus polluants. Le surcoût par rapport au scénario « futuriste » de l'ELU est estimé à 12% et la surémission de CO₂ à 25%. Par ailleurs, l'impact de la qualité de l'information (la qualité des adresses des internautes en fait) sur les variables de performance est plus important pour le scénario de la LAD que pour les deux autres, car une information erronée (ou incomplète) multiplie les allers et retours entre les internautes et les bases des transporteurs.

	3 Transporteurs		C		Total	
	A	B	TLU C 1 Nord	TLU C 1 Sud		
4 Tournées de LU mixte (B2B & B2C)	TLU A 1	TLU B 1	TLU C 1 Nord	TLU C 1 Sud		
Longueur totale de la tournée en km	60	60	55	55	230	
Haut-le-pied en km	40	40	40	40	160	
Tourniquette en km	20	20	15	15	70	
Nombre de colis livrés	100	100	120	120	440	
Poids moyen des colis en kg	20,0	20,0	10,0	10,0	14,5	Moyenne
Poids total livré en tonnes	2,0	2,0	1,2	1,2	6,4	
Nombre de portes livrées	50	50	30	30	160	
Nombre moyen de colis / porte	2,0	2,0	4,0	4,0	2,8	Moyenne
Scénario 1a Véhicule de livraison utilisé	Porteur 10 t	Porteur 10 t	VULTh	VULTh		
Emissions de CO ₂ en kg / km	0,5324	0,5324	0,3194	0,3194	0,4305	Moyenne
Emissions totales de CO ₂ en kg	31,944	31,944	17,569	17,569	99,026	
Coût total HT de la tournée en €	300	300	240	240	1 080	
Coût moyen HT par colis en €	3,0	3,0	2,0	2,0	2,45	Moyenne
Coût moyen HT par porte en €	6,0	6,0	8,0	8,0	6,75	Moyenne
Scénario 1b Véhicule de livraison utilisé	Porteur 10 t	Porteur 10 t	VULElec	VULElec		
Emissions de CO ₂ en kg / km	0,5324	0,5324	-	-	0,2778	Moyenne
Emissions totales de CO ₂ en kg	31,944	31,944	-	-	63,888	-35%
Surcoût du passage à l'électrique	0%	0%	33%	33%	14,8%	Moyenne
Coût total HT de la tournée en €	300	300	320	320	1 240	15%
Coût moyen HT par colis en €	3,0	3,0	2,7	2,7	2,82	Moyenne
Coût moyen HT par porte en €	6,0	6,0	10,7	10,7	7,75	Moyenne

Tableau 1. Résultats des simulations de deux scénarios non mutualisés en LAD

Dans le deuxième scénario, celui de la LHD, le coût de livraison et les émissions de CO₂, plus faibles que dans celui de la LAD, s'avèrent cependant plus élevés que ceux du troisième scénario, celui de l'ELU. Cela s'explique par le fait que les internautes vont souvent chercher leurs commandes avec leur propre véhicule (généralement plus petite), ou en transport en commun, ou encore à pied (ou bien avec des moyens « doux »). Cependant, dans ce scénario, toujours non mutualisé, un internaute peut éventuellement devoir aller retirer, le même jour, ses colis sur différents points de retrait, pour peu qu'il ait passé commande auprès de plusieurs e-commerçants et que ces derniers aient opté pour des prestataires de points relais différents (et concurrents !). Dans ce cas, on peut assister à une multiplication des déplacements : l'intérêt du scénario serait alors amoindri, même si ces déplacements sont généralement de quelques centaines de mètres.

4 Transporteurs	A	B	C	X	Total	
4 Tournées de LU mixte (B2B & B2C)	TLU A 2	TLU B 2	TLU C 2	TLU Mutual		
Longueur totale de la tournée en km	55	55	60	10	180	
Haut-le-pied en km	40	40	40	0	120	
Tourniquette en km	15	15	20	10	60	
Nombre de colis livrés	68	68	176	128	440	
Poids moyen des colis en kg	20,0	20,0	10,0	10,0	14,5	Moyenne
Poids total livré en tonnes	1,4	1,4	1,8	1,9	6,4	
Nombre de portes livrées	34	34	44	16	128	
Nombre moyen de colis / porte	2,0	2,0	4,0	8,0	3,4	Moyenne
Coût HT de la tournée en €	210	210	300	100	820	
Coût de passage d'un colis sur l'ELU				0,5		
Coût HT de passage sur l'ELU en €	0	0	0	64	64	
Coût total HT de la tournée en €	210	210	300	164	884	
Coût moyen HT par colis en €	3,1	3,1	1,7	1,3	2,01	Moyenne
Coût moyen HT par porte en €	6,2	6,2	6,8	10,3	6,91	Moyenne
Scénario 3a						
Véhicule de livraison utilisé	VULTh	VULTh	Porteur 10 t	VULElec		
Emissions de CO ₂ , en kg / km	0,3194	0,3194	0,5324	-	0,3727	Moyenne
Emissions totales de CO ₂ , en kg	17,569	17,569	31,944	-	67,082	
Surcoût du passage à l'électrique	0%	0%	0%	33%	6,18%	Moyenne
Coût total HT de la tournée en €	210	210	300	219	939	
Coût HT de passage sur l'ELU en €	0	0	0	64	64	
Coût de la tournée avec passage / ELU	210	210	300	283	1 003	
Coût moyen HT par colis en €	3,1	3,1	1,7	2,2	2,28	Moyenne
Coût moyen HT par porte en €	6,2	6,2	6,8	17,7	7,83	Moyenne
Scénario 3b						
Véhicule de livraison utilisé	VULElec	VULElec	VULElec	VULElec		
Emissions de CO ₂ , en kg / km	-	-	-	-	-	Moyenne
Emissions totales de CO ₂ , en kg	-	-	-	-	-	-100%
Surcoût du passage à l'électrique	33%	33%	33%	33%	25,57%	Moyenne
Coût total HT de la tournée en €	280	280	400	219	1 179	
Coût HT de passage sur l'ELU en €	0	0	0	64	64	
Coût de la tournée avec passage / ELU	280	280	400	283	1 243	24%
Coût moyen HT par colis en €	4,1	4,1	2,3	2,2	2,82	Moyenne
Coût moyen HT par porte en €	8,2	8,2	9,1	17,7	9,71	Moyenne

Tableau 2. Résultats des simulations de deux scénarios mutualisés *via* un ELU

Dans le cadre du troisième scénario, celui de l'ELU, l'internaute peut : (1) soit être directement livré à son domicile, en une seule fois ; (2) soit collecter toutes ses commandes sur un point de retrait unique, livré par l'ELU ; (3) soit collecter toutes ses

commandes, directement même, sur l'ELU. Peu importe en fait, la pratique du « tout en une seule fois », rendue possible grâce à la mutualisation d'une partie des flux d'information (*via* une étiquette directionnelle « normalisée »), permet de réduire le nombre total de déplacements et, donc, les distances parcourues, entraînant de ce fait : (1) des réductions du coût global de livraison de l'ordre de 15% ; (2) une baisse des émissions de CO₂ de l'ordre de 35%.

5. CONCLUSION

L'augmentation plus que probable du nombre de colis à livrer aux internautes ne peut pas, demain, s'accommoder d'une augmentation dans les mêmes proportions du nombre de tournées de livraisons. La mutualisation des livraisons semble constituer, par conséquent, un moyen intéressant de surmonter cet obstacle majeur, tant sur le plan économique que sur le plan écologique. Quatre catégories d'acteurs militent déjà pour une consolidation des flux : (1) les commerçants en ligne pour des questions de coût ; (2) les internautes afin de limiter les dérangements qu'occasionnent LAD et LHD ; (3) les autorités publiques en vue de décongestionner leur cité ; (4) les PSL eux-mêmes, une fois qu'ils ont pris conscience du réel intérêt de la démarche.

Les objectifs principaux de notre recherche étaient d'analyser la pertinence des différentes alternatives e-logistiques de la distribution urbaine, et de montrer que la mutualisation des flux s'inscrivait dans un processus « naturel » d'amélioration des performances économique et écologique des systèmes de livraisons. Tour à tour, l'analyse qualitative, à travers des entretiens d'experts menés sur le terrain, et le recours à la dynamique des systèmes nous ont permis de comparer les niveaux de performance de trois *scenarii*, en particulier du point de vue de l'empreinte carbone. Cette double approche nous a permis d'envisager différentes hypothèses de mutualisation. Les premiers résultats des simulations nous permettent déjà une meilleure appréhension des systèmes logistiques du *B2C* en milieu urbain et constituent, pour l'avenir, de précieux outils d'aide à la décision, outils qu'il s'agit cependant d'affiner...

BIBLIOGRAPHIE

- Alderson W. (1969), Cooperation and Conflict in Marketing Channels, in *Distribution channels: behavioral dimensions*, Stern L. W. (éd.), Houghton Mifflin, Boston, pp. 195-210.
- Angelmar R. (1992), Les conflits dans les canaux de distribution, in *Encyclopédie du Management*, Helfer J. P. et J. Orsoni (éd.), Vuibert, Paris, pp. 285-298.
- Alligier L. (2007), Mesurer l'impact du commerce électronique sur la logistique urbaine, Thèse de doctorat en Sciences Economiques, Université Lumière - Lyon 2.
- Arndt J. (1979), Toward a Concept of Domesticated Markets, *Journal of Marketing*, Vol. 43, Fall, pp. 69-75.
- Boudouin D., Morel C. (2002), *L'optimisation de la circulation des biens et services en ville*, La documentation française.
- Crujssen F., Cools M., Dullaert W. (2007), Horizontal Cooperation in Logistics: Opportunities and Impediments, Transportation research Part E: *Logistics and Transportation Review*, Vol. 43, n°2, pp. 129-142.
- Dablanc L. (1998), *Le transport de marchandises en ville*, Editions Liaisons.
- Dufour J.G., Patier D. (1997), *Les transports de marchandises et la ville*, Table ronde 109, CEMT.
- Fernie J. (1992), Distribution Strategies of European Retailers, *European Journal of Marketing*, Vol. 26, n°8/9, pp. 35-47.
- Filser M., des Garets V., Paché G. (2001), *La distribution : organisation et stratégie*, Editions EMS.
- Forrester J.W. (1958), Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. *Harvard Business Review*, Vol. 36, n°4, pp. 37-66.
- Fulconis F., Paché G., Roveillo G. (2011), *La prestation logistique : origines, enjeux et perspectives*, Editions EMS.
- Ganesan S. (1994), Determinants of Long-term Orientation in Buyer-seller Relationships, *Journal of Marketing*, Vol. 58, April, pp. 1-19.
- Gill L., Allerheiligen R. (1996), Co-operation in Channels of Distribution : Physical Distribution Leads the Way, *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, Vol. 26, n° 5, pp. 49-63.
- Gratadour J.-R. (2004), *Le défi logistique du commerce électronique*, Rapport du Club Sénat présidé par Tück A., rapporteurs Gratadour J.-R. et Cahen A.
- Lambert D., Emmelhainz M., Gardner J. (1999), Building Successful Logistics Partnerships, *Journal of Business Logistics*, Vol. 20, n°1, pp. 165-181.
- Ljungberg D., Gebresenbet G. (2004), Mapping out the Potential for Coordinated Goods Distribution in City Centres: the Case of Uppsala, *International Journal of Transport Management*, Vol. 2, pp. 161-172.
- Mohr J., Spekman R. (1994), Characteristics of Partnership Success : Partnerships Attributes, Communication Behavior and Conflict Resolution Techniques, *Strategic Management Journal*, Vol. 15, pp. 135-152.

- Nagati H., Rebolledo C., Jobin M.H. (2008), *Analyse de la collaboration entre industriels et distributeurs: le cas de la grande distribution française*, 7^{èmes} rencontres internationales de la recherche en logistique (RIRL2008), Avignon (France), 24-26 septembre.
- Pan S. (2010), Contribution à la définition et à l'évaluation de la mutualisation de chaînes logistiques pour réduire les émissions de CO₂ du transport : application au cas de la grande distribution, Thèse de doctorat, Mines Paris Tech, Paris.
- Patier D. (2009), *Les différentes formes de livraison aux particuliers*, Supply chains, énergie et CO₂, Inrets.
- Patier D. (2002), *La logistique dans la ville*, Celse.
- Pras, B. (1991), Stratégies génériques et de résistance dans les canaux de distribution : commentaires et analyses, *Recherche et Applications en Marketing*, Vol. 6, n°2, pp. 111-121.
- Skytte H. (1991), *How to Develop and Sustain Competitive Advantages through Interorganizational Relations between Retailers and Suppliers?*, Proceedings of the sixth world conference on research in the distributive trades, The Hague, pp. 133-139.
- Thévenon J. (2011), Logistique urbaine, scénarii pour le futur, *L'Officiel des transporteurs*, N°2590, Mars, pp. 26-27.
- Thiel D., Vo T.L.H. (2008), Continuous simulation for SCM, Chapter 2 in Thierry C., Thomas A., Bel G, *Simulation for Supply Chain Management*, Wiley Interscience Publications, September, pp. 37-68.
- Van Lier T., Macharis C., Caris A., Vrenken H. (2010), Internal and External Co-loading of Outbound Flows to Increase the Sustainability of Transport: a Case Study, 12th WCTR, Lisbon (Portugal), July 11-15.
- Yrjölä H. (2003), Supply Chain Considerations for Electronic Grocery Shopping, Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology, University of Technology, Helsinki, January.