HAL open science

Modélisation pour la localisation de plateformes logistiques pour le transport de marchandises en ville

Olivier Guyon, Nabil Absi, Dominique Feillet, Thierry Garaix

To cite this version:

Olivier Guyon, Nabil Absi, Dominique Feillet, Thierry Garaix. Modélisation pour la localisation de plateformes logistiques pour le transport de marchandises en ville. 3ème Journée de Recherche "Mobilité, Transport et Logistique" (MTL 2011), Jun 2011, Lyon, France. hal-00604897

HAL Id: hal-00604897

https://hal.science/hal-00604897v1

Submitted on 30 Jun 2011

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.

Modélisation pour la localisation de plateformes logistiques pour le transport de marchandises en ville

Olivier Guyon*, Nabil Absi, Dominique Feillet, Thierry Garaix

École des Mines de Saint-Étienne, Centre Microélectronique de Provence
880 avenue de Mimet 13541 Gardanne - France

Résumé

Nous nous intéressons à un problème stratégique de la logistique urbaine : la localisation et le dimensionnement de plateformes logistiques nécessaires au Transport de Marchandises en Ville. Pour cela, nous proposons une modélisation mathématique considérant des critères décisionnels environnementaux, économiques et sociétaux. Une caractéristique spécifique de notre modèle repose sur la manière dont les tournées de véhicules quotidiennes sont estimées. Pour valider notre approche, nous avons développé un simulateur. Cet outil d'aide à la décision propose une interface graphique permettant de saisir les données de n'importe quelle ville, puis d'appliquer notre modèle et visualiser les résultats trouvés. Notre démarche globale s'est appuyée sur un cas d'étude concret : la messagerie pour la ville de Marseille.

Mots-clés: Logistique urbaine, Transport de Marchandises en Ville, Localisation de plates-formes, City logistics

1. Contexte et enjeux

Depuis une dizaine d'années, la logistique urbaine suscite l'intérêt de bon nombre de chercheurs de communauté et nationalité variées. L'objet du travail présenté ici porte sur la localisation et le dimensionnement de plateformes logistiques dans des zones urbaines denses.

Le fonctionnement d'une ville implique des échanges de marchandises dont le volume est reconnu comme étant un bon indicateur de la dynamique des zones urbaines. Ce besoin de desserte s'appuie sur des plateformes, installations physiques qui sont les véritables *pilotes* du système logistique urbain. Ces équipements d'articulation des flux ont largement quitté les agglomérations pour s'installer dans des périphéries toujours plus éloignées. Les raisons sont multiples: urbanistiques (impossibilité réglementaire de s'installer), politiques (rejet d'outils jugés créateurs de nuisances), économiques (coût du foncier prohibitif). Pourtant il est évident qu'un positionnement éloigné du barycentre urbain induit un allongement des distances parcourues, une perte d'efficacité globale, un accroissement des gaz à effet de serre et autres émissions de polluants, une congestion densifiée de la voirie, une nuisance sonore amplifiée... Aussi, nombre d'acteurs tant institutionnels que professionnels s'accordent à reconnaître l'utilité de démarches visant à repositionner les plateformes au plus près du consommateur.

Bien que des plateformes logistiques en milieu urbain existent déjà et que leur performance sur différents critères ait été analysée, aucun modèle ne semble pouvoir *a priori* quantifier l'effet de localiser une plateforme sur un emplacement précis. Dans notre étude, nous proposons un modèle original permettant de répondre à la problématique suivante:

- connaissant un ensemble de sites dans et en dehors de la ville, et une distribution de l'activité dans les différentes zones de demande constituant la ville
  - combien de plateformes logistiques doivent être créées, où doivent-elles être localisées et quelle doit être leur taille ?
  - quelle flotte de véhicules doit être affectée à chaque plateforme ?

*Auteur correspondant; Adresse courriel : guyon@emse.fr

– comment répartir les véhicules dans les différentes zones de demande ?

- pour que la distribution de marchandises soit réalisée optimalement au regard d'un certain nombre de critères incluant des facteurs économiques, environnementaux et sociétaux.

Dans nos recherches, nous nous focalisons sur une des cibles les plus emblématiques de la logistique urbaine: la messagerie [1]. Cette activité étant particulièrement intéressante puisque d'une part les *clients* sont généralement situés en ville et d'autre part, c'est sans doute le segment de la logistique urbaine qui produit les éléments perçus les plus négativement par la population (gênes fonctionnelles, nuisances environnementales).

Nous visons alors à établir un modèle général prenant en compte l'ensemble des contraintes et objectifs impliqués dans une telle problématique. Ce modèle a été expérimenté (par l'intermédiaire d'un simulateur informatique que nous avons développé) sur un cas d'étude concret, basé sur la ville de Marseille qui possède la particularité de disposer d'une ZLU en cœur de centre-ville avec la plate-forme logistique d'ARENC.

2. Desciption et modélisation du problème

2.1. Desciption du problème

Notre problème s'intéresse à l'optimisation du transport de marchandises en ville. Pour cela, il s'appuie sur trois ensembles représentant chacun un maillon important de la logistique urbaine :

- un ensemble D de zones de demande réparties dans l'espace, qui représente une ville
- un ensemble L de sites potentiels pour l'implantation de plateformes logistiques
- un ensemble V de différents types de véhicules servant à transporter les marchandises

La ville est donc modélisée au travers d'un ensemble D de zones de demande réparties dans l'espace. A chaque zone $d \in D$ est associée un niveau de demande γ_d exprimée en nombre de livraisons à effectuer, et une distance δ_d exprimant la longueur de la tournée à réaliser à l'intérieur de la zone pour livrer entièrement sa demande. Plus spécifiquement, D est l'union de deux sous-ensembles disjoints : un ensemble D_1 de zones dites *mono-véhicule* et un ensemble D_2 de zones dites *multi-véhicule*.

Chaque zone *mono-véhicule* $d \in D_1$ a pour spécificité de ne pouvoir être servie exclusivement que par un unique véhicule. Typiquement, une zone de demande *mono-véhicule* est un quartier (voire un arrondissement si le niveau général de demande est faible). Un véhicule peut, dans une même tournée, desservir plusieurs zones *mono-véhicule proches* l'une de l'autre. Pour modéliser la notion de *proximité*, un ensemble $\Delta_d \subseteq D_1$ de zones dites *compatibles* est affecté à chaque zone $d \in D_1$.

Chaque zone *multi-véhicule* $d \in D_2$ peut être servie par un ou plusieurs véhicules mais ne peut pas être associée à d'autres zones de demande dans une même tournée. Tout véhicule desservant une zone *multi-véhicule* ne servira donc que cette zone dans sa tournée. Concrètement, une zone *multi-véhicule* est une petite ou moyenne ville à proximité influant par le volume de sa demande la localisation des plateformes logistiques, mais étant gérée organisationnellement par des tournées de véhicules spécifiques.

Un coût de congestion c_d^{cong} ($note \in \{A, B, C, D, E\}$) est attribué à chaque zone de demande $d \in D$ afin de représenter les difficultés de circulations à l'intérieur de d ; concrètement c_d^{cong} dépend de la densité de population, la topologie de la zone, la largeur des rues...

Chaque site potentiel $l \in L$ pour l'implantation d'une plateforme logistique a une superficie maximale de q_l quais. Chaque quai construit sur l permet de traiter θ_l livraisons par jour. La distance entre le site $l \in L$ et la zone de demande $d \in D$ est notée M_{ld}. Le coût global de sélection du site l est divisé en quatre

[1] Transport de petits envois, d'un volume oscillant généralement entre 0.10 et 0.20 m^3 pour un poids moyen variant la plupart du temps entre 30 et 70 kg.

coûts : (i) un coût fixe économique c_l^{selec} pour la construction et la maintenance de l (euro), (ii) un coût variable économique c_l^{berth} de construction pour chaque quai sur l (euro), (iii) un indice c_l^{acc} d'acceptabilité des riverains ($note \in \{A, B, C, D, E\}$) et un indice c_l^{poll} de pollution pour la construction d'un quai sur l ($note \in \{A, B, C, D, E\}$).

Chaque type de véhicule $v \in V$ a une capacité β_v exprimée en nombre de positions et une autonomie en distance de α_v^{dist} kilomètres. Le temps de conduite par jour pour v est limité par deux facteurs: (i) la limite α_v^{time} (minutes) dépendant de ses contraintes techniques, et (ii) le temps limite législatif de conduite T_{max} du conducteur. Chaque véhicule de type v est de plus limité à ne circuler que dans le sous-ensemble $J_v \subseteq D$ des zones de demande où il est autorisé (à cause de la législation, la largeur des rues ...). Les temps de parcours dans notre problème dépendent du type de véhicules. Nous utilisons alors, pour chaque type de véhicule $v \in V$, les notations S_{vd} et τ_{lvd} pour respectivement définir le temps de tournée pour livrer la zone de demande $d \in D$, et le temps de parcours entre la zone de demande d et un site potentiel pour une plateforme $l \in L$. Le coût global d'utilisation d'un véhicule de type v est divisé en cinq coûts : (i) un coût économique fixe c_v^{purch} d'achat du véhicule (euros), (ii) un coût de fonctionnement c_v^{driv} (euros/Km), (iii) un coût de pollution c_v^{poll} pour l'émission de gaz (euros/Km), (iv) un indice d'acceptabilité c_v^{acc} par les riverains ($note \in \{A, B, C, D, E\}$) et (v) un indice de congestion c_v^{cong} ($note \in \{A, B, C, D, E\}$).

2.2. Hypothèses du modèle et justifications

Un unique transporteur. Cet article s'intéresse à la localisation de plateformes logistiques où les marchandises sont consolidarisées de manière à être livrées dans la ville par un unique transporteur (public ou privé).

Une tournée par véhicule. Conformément à l'organisation actuelle de la plupart des transporteurs, nous considérons que chaque véhicule ne peut effectuer plus d'une tournée par jour.

Coûts de transport estimés. Les coûts de transport sont difficiles à quantifier dans notre étude. Une estimation possible consisterait à gérer explicitement les tournées de véhicules (comme dans un problème classique de Location-Routing). Notre problème portant sur des décisions stratégiques dans une domaine très dynamique (milieu urbain, messagerie) et exploitant des données approximées/aggrégées (demande, coûts...), nous ne pensons pas qu'une approche aussi détaillée soit adéquate. Nos coûts de transport sont alors valorisés de la manières suivante: le coût de transport d'une tournée dépend de la première zone de demande desservie de la tournée (ceci permet de modéliser la distance à la plateforme) et l'ensemble de zones de demande (ceci permet de quantifier les distances parcourues par la tournée en livraison). Des contraintes sur la compatiblité des zones sont aussi introduites pour éviter de desservir des zones trop éloignées l'une de l'autre dans une même tournée de livraison.

Une plateforme logistique a une durée de vie de 3000 jours, correspondant à un fonctionnement de 300 jours/an durant 10 ans.

2.3. Modélisation en Programmation Linéaire Mixte

Dans cette section, nous proposons un programme linéaire mixte pour représenter notre problème. Par souci de clarté, nous détaillons ce modèle en trois parties : les variables de décision, les contraintes et les différents critères d'évaluation.

Avant d'entrer dans le détail de notre modèle, nous introduisons une notion supplémentaire à laquelle nous avons recours : l'ensemble T des tournées de véhicules pour les zones *mono-véhicules* $d \in D_1$; T est défini tel que :

$$T = \{t \in \mathcal{P}(D_1) - \{\emptyset\} \,|\forall d \in t \; \forall d' \in t \;\; (d \in \Delta_d \wedge d' \in \Delta_{d'})\}$$

Une tournée de véhicule $t \in T$ est un regroupement de zones *mono-véhicules compatibles.* t est donc une union de zones de demande qu'un véhicule peut desservir au cours d'une tournée quotidienne. A chaque tournée t sont associées les deux matrices d'indicateurs suivantes :

- $\forall l \in L\ \forall t \in T \quad \delta_{lt} = 2 \cdot \min_{d \in t} M_{ld} + \sum_{d \in t} \delta_d$
- $\forall l \in L\ \forall v \in V\ \forall t \in T \quad \tau_{lvt} = 2 \cdot \tau_{lvd'} + \sum_{d \in T} S_{vd}$, avec $d' = \text{argmin}_{d \in T} M_{ld}$

δ_{lt} est la distance totale de la tournée t si elle au départ du site l. τlvt est la durée de la tournée t si elle est au départ de l et est réalisée par un véhicule de type v.

2.3.1. Variables de décision

Les variables de décision de notre modèle mathématique sont:

- $u_l = 1$ si une plateforme logistique est construite sur le site l, 0 sinon ; $\forall l \in L$
- w_l est le nombre de quais devant être construits sur le site l ; $\forall l \in L$
- $x_{lvt} = 1$ si un véhicule de type v est affecté au site l et dessert la tournée t, 0 sinon ; $\forall l \in L$, $\forall v \in V$, $\forall t \in T$
- y_{lvd} est le nombre de véhicule de type v affectés au site l et desservant la zone *multi-véhicule* d ; $\forall l \in L$, $\forall v \in V$, $\forall d \in D_2$
- z_{lvd} est le nombre de livraisons effectuées par des véhicules de type v affectés au site l et desservant la zone *multi-véhicule* d ; $\forall l \in L$, $\forall v \in V$, $\forall d \in D_2$

2.3.2. Contraintes

$$w_l \leq q_l \cdot u_l \qquad \forall l \in L \tag{1}$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{v \in V} \sum_{\substack{t \in T| \\ d \in t}} x_{lvt} = 1 \qquad \forall d \in D_1 \tag{2}$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{v \in V} z_{lvd} = \gamma_d \qquad \forall d \in D_2 \tag{3}$$

$$\sum_{v \in V} \left(\sum_{t \in T} \gamma_t \cdot x_{lvt} + \sum_{d \in D_2} z_{lvd} \right) \leq \theta_l \cdot \omega_l \qquad \forall l \in L \tag{4}$$

$$\sum_{l \in L} x_{lvt} = 0 \qquad \forall v \in V\ \forall t \in \{t' \in T | \beta_v \geq \sum_{d \in t'} \gamma_d\} \tag{5}$$

$$z_{lvd} \leq y_{lvd} \cdot \beta_v \qquad \forall l \in L\ \forall v \in V\ \forall d \in D_2 \tag{6}$$

$$x_{lvt} = 0 \qquad \forall l \in L\ \forall v \in V\ \forall t \in \left\{t' \in T | \delta_{lt'} \leq \alpha_v^{dist}\right\} \tag{7}$$

$$2 \cdot M_{vd} \cdot y_{lvd} + \frac{z_{lvd}}{\gamma_d} \cdot \delta_d \leq y_{lvd} \cdot \alpha_v^{dist} \qquad \forall l \in L\ \forall v \in V\ \forall d \in D_2 \tag{8}$$

$$x_{lvt} = 0 \qquad \forall l \in L\ \forall v \in V\ \forall t \in \left\{t' \in T | \tau_{lvt'} \leq \min\left(\alpha_v^{time}, T_{max}\right)\right\} \tag{9}$$

$$2 \cdot \tau_{lvd} \cdot y_{lvd} + \frac{z_{lvd}}{\gamma_d} \cdot S_{vd} \leq y_{lvd} \cdot \min\left(\alpha_v^{time}, T_{max}\right) \qquad \forall l \in L\ \forall v \in V\ \forall d \in D_2 \tag{10}$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{\substack{t \in T| \\ d \in t}} x_{lvt} = 0 \qquad \forall v \in V\ \forall d \in \left\{D_1 \cup \bar{J}_v\right\} \tag{11}$$

$$\sum_{l \in L} (y_{lvd} + z_{lvd}) = 0 \qquad \forall v \in V\ \forall d \in \left\{D_2 \cup \bar{J}_v\right\} \tag{12}$$

$$u_l \in \{0, 1\} \qquad \forall l \in L \tag{13}$$

$$w_l \in \mathbb{N} \qquad \forall l \in L \tag{14}$$

$$x_{lvt} \in \{0, 1\} \qquad \forall l \in L\ \forall v \in V\ \forall t \in T \tag{15}$$

$$y_{lvd} \in \mathbb{N} \qquad \forall l \in L\ \forall v \in V\ \forall d \in D_2 \tag{16}$$

$$z_{lvd} \in \mathbb{N} \qquad \forall l \in L\ \forall v \in V\ \forall d \in D_2 \tag{17}$$

Le nombre de quais construits sur un site est limité par sa capacité s'il est sélectionné, et est nul sinon (1). La demande de chaque zone de demande doit être satisfaite (2), (3). Les contraintes (4) sont des contraintes de capacité sur les plateformes : on ne peut pas affecter trop de livraisons à chaque plateforme. Le nombre de livraisons desservi chaque jour par un véhicule est limité par sa capacité (5),(6). L'affectation de zones de demande aux véhicules est aussi limité par l'autonomie en distance (7),(8) et en temps (9),(10) du véhicule. On s'assure aussi qu'un véhicule ne serve pas une zone dont l'accès lui est interdit (11),(12).

Dans nos implémentations, les contraintes (5), (7), (9), (11) et (12) fixant un certain nombre de variables à 0 ne sont pas créées. Pour assurer leur respect, nous ne créons pas les variables impliquées dans ces contraintes.

2.3.3. Critères d'évaluation

Dans cette étude, nous cherchons à optimiser le transport de marchandises en ville sous les trois facettes du développement durable. Nous nous intéressons pour cela aux 9 objectifs suivants ; 4 sont économiques, 3 sont environnementaux et 2 sont sociétaux.

$$\sum_{l \in L} c_l^{\text{selec}} \cdot u_l \tag{18}$$

$$\sum_{l \in L} c_l^{\text{berth}} \cdot w_l \tag{19}$$

$$3000 \cdot \sum_{l \in L} \sum_{v \in V} c_v^{\text{purch}} \left(\sum_{t \in T} x_{lvt} + \sum_{d \in D_2} y_{lvd} \right) \tag{20}$$

$$3000 \cdot \sum_{v \in V} c_v^{\text{driv}} \cdot \left(\sum_{l \in L} \sum_{d \in D} \left(z_{lvd}^{\text{first}} \cdot M_{ld} + z_{lvd}^{\text{last}} \cdot M_{ld} \right) + \sum_{d \in D} x_{vd} \cdot \text{dist}_d \right) \tag{21}$$

$$3000 \cdot \sum_{v \in V} c_v^{\text{poll}} \cdot \left(\sum_{l \in L} \sum_{d \in D} \left(z_{lvd}^{\text{first}} \cdot M_{ld} + z_{lvd}^{\text{last}} \cdot M_{ld} \right) + \sum_{d \in D} x_{vd} \cdot \text{dist}_d \right) \tag{22}$$

$$\sum_{l \in L} c_l^{\text{poll}} \cdot w_l \tag{23}$$

$$\sum_{d \in D} \sum_{v \in V} c_d^{\text{cong}} \cdot c_v^{\text{cong}} \cdot x_{vd} \tag{24}$$

$$\sum_{l \in L} c_l^{\text{acc}} \cdot u_l \tag{25}$$

$$\sum_{v \in V} c_v^{\text{acc}} \cdot \left(\sum_{d \in D} x_{vd} \right) \tag{26}$$

Certains des coefficients utilisés dans ces objectifs sont de nature qualitative ($note \in \{A, B, C, D, E\}$). Dans nos expérimentations, ces coefficients sont convertis en valeur numérique. L'objectif global de notre modèle est alors de minimiser une somme pondérée des 9 objectifs.

Du point de vue économique, notre modèle vise à optimiser les coûts fixes de sélection de plateformes (18) et leur coût de construction (19). Aussi, les coûts d'achat et de fonctionnement des véhicules sont à minimiser (20), (21).

Au niveau environnemental, on s'intéresse à minimiser les coûts de pollution des plateformes et des véhicules (22), (23). Une valorisation de la congestion est aussi considérée (24).

Enfin, les coûts sociétaux d'acceptabilité des plateformes et des véhicules font partie des objectifs considérés par notre modèle (25), (26).

3. Logiciel d'aide à la décision

Pour expériementer notre modèle, nous avons développé un logiciel d'aide à la décision pour notre problème de localisation de plateformes de distribution dans un milieu urbain. Cet outil permet la création, le calcul et l'évalution de différents scénarios dans n'importe quelle ville.

Dans ce logiciel, les utilisateurs représentent une ville par différents zones de demande et renseignent les données de chaque zone : le niveau de demande, les règles de circulation et d'autres propriétés comme la longueur et la durée de la tournée à réaliser à l'intérieur de la zone pour livrer entièrement sa demande... Différents types de véhicules, avec leurs caractéristiques (prix d'achat, coût de fonctionnement au kilomètre, autonomie en distance...), peuvent aussi être saisis dans notre outil. Enfin, des sites potentiels pour l'implantation de plateformes logistiques sont également renseignables via l'interface de notre logiciel.

La figure 1 est une capture d'écran de notre logiciel appliqué à une instance représentant la ville de Marseille. Les figures 2, 3 et 4 décrivent respectivement l'édition via notre logiciel des sites potentiels pour l'implantation de plateformes logistiques pour des plateformes logistiques, des zones de demande et des types de véhicules.

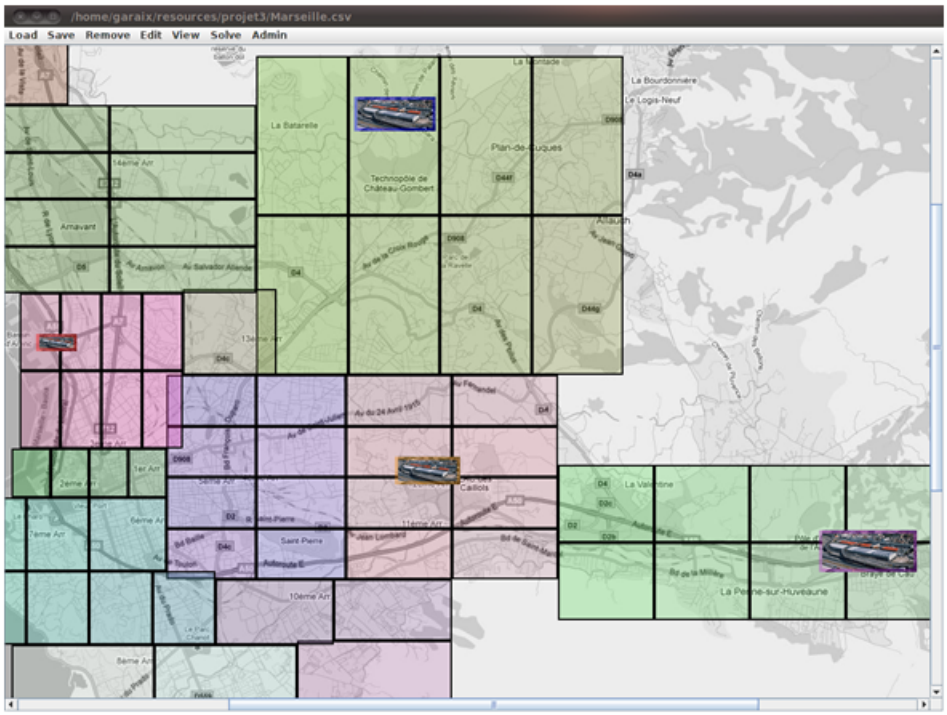

Figure 1: Logiciel d'aide à la décision ; cas d'étude Marseille

Notre outil d'aide à la décision a un module d'optimisation. Ce module consiste à optimiser le modèle mathématique décrit dans la section précédente en utilisant le solveur commercial *IBM Ilog Cplex 12.1* ou le solveur libre *GLPK 4.45*. Ce module d'optimisation est paramétrable par l'utilisateur. Comme l'illustre la capture d'écran visible sur la figure 5, l'utilisateur peut ne sélectionner qu'un sous-ensemble de sites, en forcer certains à être retenus dans toute solution (cas de plateformes déjà existantes dans la ville). Il peut aussi sélectionner les types de véhicules qu'il souhaite intégrer au calcul d'une solution optimisée. Enfin, il peut aussi donner différents poids aux trois objectifs globaux : économique, environnemental et sociétal.

Platform

name	visible	model	coord.	size	max dock	fix cost	accep	dockcost	poll. dock	pos. dock	sel.	dock	color	transp.	img
pennes	✔	✔	70 0	700	70	20,000,000	A	250,000	D	50		0		100	./images/pennes.png
cuques	✔	✔	880 470	300	30	30,000,000	B	300,000	C	50		0		100	./images/cuques.png
arenc	✔	✔	490 760	100	10	25,000,000	C	300,000	A	50		0		100	./images/arenc.png
aubagne	✔	✔	1450 1000	400	40	20,000,000	A	250,000	B	50		0		100	./images/aubagne.png
caillols	✔	✔	930 910	200	20	30,000,000	B	300,000	A	50		0		100	./images/caillols.png
	✔	✔	0 0	0	0	0	A	0	A	0		0		100	./images/platform.png
	✔	✔	0 0	0	0	0	A	0	A	0		0		100	./images/platform.png

Draw Delete save cancel

Figure 2: Logiciel d'aide à la décision : édition des sites potentiels pour l'implantation de plateformes logistiques

Sector

name	visible	model	length	cong...	color	transp...	shape
Amavant8	✔	✔	42	B		75	580 653,580 710,760 710,760 653
Amavant7	✔	✔	41	B		75	580 595,580 653,760 653,760 595
Amavant6	✔	✔	40	B		75	580 538,580 595,760 595,760 538
Valentine6	✔	✔	30	A		75	1365 1015,1365 1110,1483 1110,14...
Chateau-Gombert2	✔	✔	50	C		75	670 705,670 810,785 810,785 705
Amavant1	✔	✔	35	B		75	400 480,400 538,580 538,580 480
Valentine7	✔	✔	30	A		75	1483 920,1483 1015,1600 1015,160...
Valentine8	✔	✔	30	A		75	1483 1015,1483 1110,1600 1110,16...
Amavant4	✔	✔	38	B		75	400 653,400 710,580 710,580 653
Amavant5	✔	✔	39	B		75	580 480,580 538,760 538,760 480
Amavant2	✔	✔	36	B		75	400 538,400 595,580 595,580 538
Amavant3	✔	✔	37	B		75	400 595,400 653,580 653,580 595
Aubagne4	✔	✔	30	D		75	1600 1035,1600 1080,1720 1080,17...
Valentine1	✔	✔	30	A		75	1130 920,1130 1015,1248 1015,124...
Aubagne3	✔	✔	30	D		75	1600 990,1600 1035,1720 1035,172...
Aubagne6	✔	✔	30	D		75	1720 945,1720 990,1840 990,1840 9...
Aubagne5	✔	✔	30	D		75	1720 900,1720 945,1840 945,1840 9...
Aubagne8	✔	✔	30	D		75	1720 1035,1720 1080,1840 1080,18...
Valentine5	✔	✔	30	A		75	1365 920,1365 1015,1483 1015,148...

Draw Delete save cancel

Figure 3: Logiciel d'aide à la décision : édition des zones de demande

Vehicle

name	visible	model	capa	km	min	max dur	fix cost	var cost	poll	cong	accep	qty	color	transp.	img
P_elec	✔	✔	20	100	180	480	30,000	0.035	0	A	A	30		100	./images/autoelec.p...
P_ther	✔	✔	20	600	600	480	20,000	0.18	200	A	C	30		100	./images/groscamio...
M_ther	✔	✔	40	600	600	480	30,000	0.25	350	C	D	30		100	./images/groscamio...
M_elec	✔	✔	40	100	180	480	50,000	0.035	0	B	B	30		100	./images/autoelec.p...
G_ther	✔	✔	60	600	600	480	50,000	0.4	500	E	E	30		100	./images/groscamio...
	✔	✔	0	0	0	0	0	0	0	A	A	0		100	./images/vehicle.png
	✔	✔	0	0	0	0	0	0	0	A	A	0		100	./images/vehicle.png

Delete save cancel

Figure 4: Logiciel d'aide à la décision : édition des types de véhicules

4. Un premier cas d'étude basé sur la ville de Marseille

L'étude proposée dans cet article a été réalisée en partenariat avec un cabinet d'experts spécialisés dans l'économie du transport (Jonction). Jonction a collecté un certain nombre de données sur le système actuel de distribution de la seconde ville la plus peuplée en France : Marseille (852 395 habitant en 2007). Pour cela, ce cabinet a consulté et récolté les données des treize compagnies les plus influantes sur le marché de la messagerie pour Marseille et ses environs.

Pour tester notre modèle et le logiciel d'aide à la décision que nous avons développé, nous avons créé une instance basée sur des données réelles de Marseille. Dans cette instance, la ville de Marseille est divisée en 94 secteurs requérant 2957 livraisons chaque jour. 5 catégories de véhicules sont considérées, 2 sont électriques et 3 sont thermiques. Leur poids maximal de chargement varie entre 3.5 et 15 tonnes. L'ensemble des sites disponibles pour des plateformes logistiques est composé de 5 localisations: 3 à l'intérieur de la ville et 2 dans ses environs.

Des résultats préliminaires nous semble prouver l'intérêt de notre outil et la concordance de notre modèle

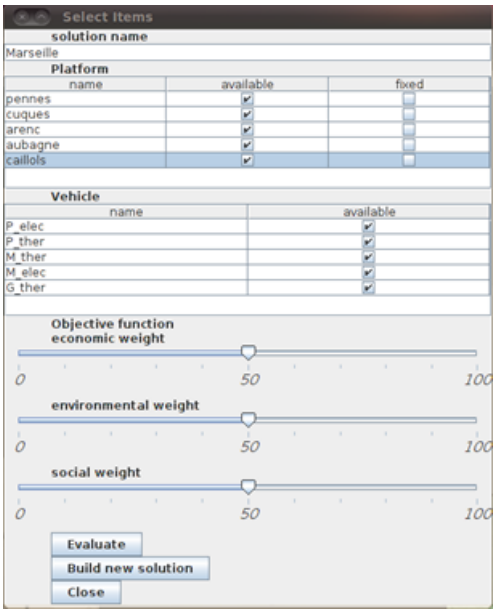

Figure 5: Logiciel d'aide à la décision : module d'optimisation

avec la réalité du terrain. En ne considérant que les coûts économiques, la solution optimisée consiste à sélectionner les 2 plateformes logistiques à l'extérieur de la ville et n'avoir recours qu'à des véhicules thermiques. Si seuls les coûts environnementaux et sociétaux sont à minimiser, les 5 plateformes logistiques sont sélectionnées et les zones de demande sont servis pas des véhicules électriques affectés au site logistique le plus proche de la zone.

5. Conclusion et prolongements

Nous avons proposé un nouveau modèle mathématique pour un problème stratégique de la logistique urbaine : la localisation et le dimensionnement de plateformes logisitiques pour le transport de marchandises en ville. Pour un usage concret de notre modèle par les collectivités locales, nous avons développé un logiciel d'aide à la décision pouvant être utilisé pour n'importe quelle ville. Un tel outil permet de comparer différents scénarios (terrains prioritaires à réserver pour un usage logistique, règles de circulation à l'intérieur de la ville...) et prendre une décision stratégique quant à la localisation de plateformes logistiques.

En prolongement de nos travaux, nous allons réaliser (travail déjà débuté) une étude qualitative précise dédiée à la ville de Marseille, avec l'évaluation et la comparaison de différents scénarios possibles (tout électrique, tout économique...).

Remerciements

Ce travail a été réalisé en partenariat avec Jonction, Sogaris et le cluster paca Logistique. Il a été financé par le *Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement*, subvention *09 MT CV 39*.

References

[1] Boudouin, D. (2006). *Guide méthodologique: Les espaces logistiques urbains*. La Documentation Française, Paris.

[2] Crainic, T. G. (2000). Service network design in freight transportation. *European Journal of Operational Research*, 122:272–288.
[3] Crainic, T. G. (2008). City logistics. Technical Report CIRRELT-2008-25, CIRRELT.
[4] Crainic, T. G., Ricciardi, N. and Storchi, G. (2009). Models for Evaluating and Planning City Logistics Systems. Technical Report CIRRELT-2009-11, CIRRELT.
[5] Dablanc, L. (2007). Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. *Transportation Research*, 41:280–285.
[6] Dablanc, L. (2007). La notion de développement urbain durable appliquée au transport des marchandises. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, 51:97–126.
[7] Daskin, M. S. (1995). *Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications*. John Wiley and Sons, New York.
[8] Delaître, L., Molet, H. and Breuil, D. (2007). *Vers une démarche globale d'optimisation de la logistique urbaine : Fondements et position. Revue Française de Gestion Industrielle*, 26(3).
[9] Guyon, O., Absi, N., Boudouin, D. and Feillet, D. (2010). *Planification stratégique pour la logistique urbaine verte*. Ecole des Mines de Saint-Etienne, Working paper EMSE CMP-SFL 2010/6.
[10] Klose, A. and Drexl, A. (2005). Facility location models for distribution system design. *European Journal of Operational Research*, 162(1):4–29.
[11] Paché, G. (2010). Logistique urbaine mutualisée : quelle stratégie de différenciation pour le commerce alimentaire en ligne ? *Revue Française de Gestion Industrielle*, 29(2):27–48.
[12] Patier, D. and Routhier, J. L. (2009). La logistique urbaine, acquis et perspectives. Introduction au dossier. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, 55:5–10.
[13] Revelle, C. S., Eiselt, H. A., and Daskin, M. S. (2008). A bibliography for some fundamental problem categories in discrete location science. *European Journal of Operational Research*, 184(3):817–848.
[14] Taniguchi, E., Noritake, M., Yamada, T., and Izumitani, T. (1999). Optimal size and location planning of public logistics terminals. *Transportation Research*, 35.
[15] Taniguchi, E. and Thompson, R. G. (2002). Modeling city logistics. *Transportation research record*, 1790:45–51.