

Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques de l'Ingénieur

N° d'ordre 53/2018

THESE DE DOCTORAT

Présentée à la Faculté des Sciences et Techniques – Fès

En vue de l'obtention du titre de

Docteur de l'Université Sidi Mohammed Ben Abdellah

Spécialité : Génie Industriel

Par

Mme : Imane MOUFAD

Logistique Transport : Modélisation & amélioration des flux de transport et de la mobilité

Performance du Transport de Marchandises en Ville : Cas de l'implantation des aires de livraison

Thèse présentée et soutenue le 15/11/2018 devant le jury composé de :

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Driss AMEGOUZ	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Président
Saad LISSANE ELHAQ	PES	Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et Mécanique de Casablanca	Rapporteur
Abdennebi TALBI	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Rapporteur
Oulid KAMACH	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Tanger	Rapporteur
Abderrahman EL MHAMED	PES	Université Paris8 France	Examineur
Abdellah KHATORY	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Examineur
Ahmed BOUKLATA	PH	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Examineur
JAWAB Fouad	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Directeur de thèse

Laboratoire d'accueil : Laboratoire de Productique, Energétique et Développement Durable

Etablissement : Ecole Supérieure de Technologie (EST) – Fès

Centre d'Etudes Doctorales Sciences et Techniques de l'Ingénieur

Faculté des Sciences et Techniques - Fès ; Route d'Imouzzar, B.P. 2202 Fès-, Maroc –

Tél. : (212) 5 35 60 80 14 ; Tél. : (212) 5 35 60 29 53 ; Fax : (212) 5 35 60 82 14 ; Site web : www.fst-usmba.ac.ma



Dédicace

À mon très cher mari,

L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments. En témoignage, je t'offre ce travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée.

À mes chères Parents,

Vous m'avez donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.
Tout ce que je peux vous offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je vous porte, que Dieu vous préserve et vous procure longue vie.

A mon fils

Qui a embelli ma vie au cours de ce périple

À mes Frères & ma chère sœur

À toutes les personnes qui se sont préoccupés d'améliorer et d'enrichir mes connaissances grâce à leurs efforts et leurs conseils.





Remerciements

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements et ma gratitude à mon Directeur de thèse le Professeur Fouad JAWAB pour son assistance ininterrompue, son appui et ses conseils judicieux durant toute la période de mon travail. Ses qualités humaines, Ses connaissances, son regard scientifique, son expertise et ses conseils constructifs et avisés m'ont permis de mener à bien ce travail de recherche. Je le remercie également pour la confiance qu'il m'a accordée et pour la grande liberté d'idées et de travail qu'il m'a octroyée.

Je remercie également Monsieur Driss AMEGOUZ Directeur du Laboratoire Productique, Energétique et Développement Durable (LPE2D) de m'avoir accueilli au sein du laboratoire pour mener mes travaux de recherche.

Mes vifs remerciements et mon ample gratitude vont à Monsieur Abderrahman EL MHAMEDI Professeur d'Enseignement Supérieur à l'Université Paris8, Monsieur Saad LISSANE ELHAQ Professeur d'Enseignement Supérieur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et Mécanique de Casablanca, Monsieur Oulid KAMACH Professeur à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Tanger, Messieurs Abdennebi TALBI, Abdellah KHATORY et Ahmed BOUKLATA Professeurs d'Enseignement Supérieur à l'Ecole Supérieure de Technologie de Fès, qui ont bien voulu me faire l'honneur d'évaluer et d'apprécier ce travail. Je leur suis reconnaissante pour leur lecture attentive ainsi que leurs suggestions constructives qu'ils ont faites sur ce travail.

J'adresse tous mes remerciements à mes collègues du Laboratoire Productique, Energétique et Développement Durable pour leur esprit d'équipe, leur collaboration et aide en moment de crise, pour les discussions fructueuses que nous avons mené et pour leur soutien continu.

Je ne saurais terminer sans exprimer mes remerciements les plus sincères à l'ensemble des responsables du transport de marchandises en ville de la ville de Fès pour leur collaboration active et leur amabilité tout au long de la période de mon enquête.

Mon affection la plus sincère à tous les étudiants de la licence professionnelle LOGISTIQUE de l'Ecole Supérieure de Technologie de Fès (EST) pour leur soutien et le temps qu'ils ont consacré tout au long de l'enquête.

Finalement, j'adresse un immense et très sincère merci à mes parents et ma petite famille, pour leur soutien inconditionnel, la confiance et la fierté qu'ils me portent.

TABLE DES MATIÈRES

FIGURES ET TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte de la recherche.....	15
2. Problématique de recherche.....	15
3. Objectifs & intérêts attendus.....	16
4. Structure de la thèse.....	17

CHAPITRE I: APPROCHE CONCEPTUELLE & MODELISATION DU TRANSPORT DE MARCHANDISES EN VILLE (TMV)

INTRODUCTION

I. Délimitation du champ d'analyse de la logistique urbaine et du TMV

1. Logistique urbaine & Transport de marchandises en ville : Généralités	21
1.1. Genèse de la logistique urbaine	21
1.2. TMV : un maillon prépondérant de la logistique urbaine.....	22
1.3. TMV : un système complexe	24
1.4. TMV: une problématique d'une grande variété	25
2. Performance du Transport de Marchandises en Ville.....	30
2.1. Concept de la performance logistique	30
2.2. Spécificités de la performance du TMV.....	31
3. Aires de livraison : Définition & Caractéristiques.....	32
3.1. Définition.....	32
3.2. Caractéristiques techniques	33
3.3. Réglementation & contrôle.....	35

II. Logistique urbaine dans la stratégie nationale pour le développement de la logistique au Maroc

1. Structuration de la logistique urbaine au Maroc	36
1.1. Vision stratégique de la logistique urbaine.....	36
1.2. Axes de la stratégie nationale de structuration de la logistique urbaine	36
2. Cadre de développement du TMV dans la stratégie de structuration de la logistique urbaine	37

III. Modélisation du Transport de Marchandises en Ville : Revue de littérature

1. Modèles du Transport de marchandises en Ville.....	38
1.1. Spécificité de la modélisation du TMV.....	38
1.2. Typologie des approches de modélisation du TMV.....	39
1.3. Essai de classement des approches de modélisation du TMV.....	42

1.4. Grille de lecture des travaux de modélisation du TMV.....	43
2. Solutions expérimentales	46
2.1. Projets d'amélioration du TMV.....	46
2.2. Synthèse des bonnes pratiques	47
3. Outils d'aide à la décision.....	48
3.1. Présentation des principaux outils d'aide à la décision pour le TMV	48
3.2. Elaboration d'une matrice de comparaison.....	50
CONCLUSION.....	50
CHAPITRE II: CONCEPTION & VALIDATION D'UN MODELE D'EVALUATION DE LA PERFORMANCE DU TMV	
INTRODUCTION	
I. Méthodologie d'élaboration du modèle	
1. Outils & étapes d'élaboration du modèle.....	52
1.1. Analyse causale du système de TMV	53
1.2. Elaboration du Diagramme d'influence du système TMV	57
1.3. Synthèse des facteurs déterminants la performance du TMV.....	58
1.4. Choix de l'outil de modélisation : Grille GRAI.....	60
2. Modèle & formulation des hypothèses	60
2.1. Mobilisation de la Grille GRAI pour l'élaboration du modèle.....	60
2.2. Formulation des hypothèses	63
II. Validation du modèle par l'approche PLS	
1. Epistémologie adoptée.....	67
1.1. Choix du mode de raisonnement hypothético-déductif.....	67
1.2. Choix de la méthode de validation : MES.....	68
1.3. Présentation de la méthode PLS : Principe, Modèles externe & interne.....	69
2. Consolidation des hypothèses à travers une enquête qualitative	69
2.1. Population visée	70
2.2. Démarche d'entretien & collecte des données.....	70
2.3. Analyses des résultats de l'enquête qualitative	71
3. Estimation des relations d'influence à travers une enquête confirmatoire	73
3.1. Choix de l'échantillon d'enquête.....	73
3.2. Opérationnalisation des variables et élaboration du support de l'étude	75
3.3. Modalités de mise en œuvre de l'enquête confirmatoire	79
III. Résultat de validation du modèle & mesure des interrelations Facteur/Performance	
1. Mesure et évaluation du modèle externe	80
1.1. Analyse en composantes principales d'un bloc	81
1.2. Fiabilité des mesures.....	81

1.3. Validité convergente.....	82
1.4. Validité discriminante	82
2. Validation du modèle structurel interne.....	83
2.1. Equations structurelles du modèle	84
2.2. Test des hypothèses.....	85
CONCLUSION	91

CHAPITRE III: OPERATIONNALISATION DE L'AMELIORATION DE LA PERFORMANCE DU TMV : CAS DE L'IMPLANTATION DES AIRES DE LIVRAISON

INTRODUCTION

I. Développement d'une méthodologie de conception des aires de livraison

1. Etat de l'art	92
2. Choix & cartographie commerciale et industrielle de la zone d'étude	95
3. Quantification du besoin en aires de livraison.....	96
3.1. Approche « Qualiquantitative» de génération de mouvements.....	96
3.2. Analyse des mouvements	97
4. Localisation des aires de livraison	98
4.1. Analyse superficielle.....	98
4.2. Analyse spécifique	99

II. Enquête pour la préparation à la mise en place des aires de livraison - Cas d'une rue commerciale à Fès

1. Typologie des enquêtes de TMV	100
1.1. L'utilité d'une enquête de TMV.....	100
1.2. Description des enquêtes de TMV.....	101
2. Démarche de l'enquête de préparation à la mise en place des aires de livraison.....	102
2.1. Cadrage de l'enquête	103
2.2. Deux types d'enquêtes : « Exploratoire » & « Etablissements - Comptage ».....	105
2.3. Mise en œuvre de l'enquête	111
3. Résultats	
3.1. Quantification du besoin en aires de livraison.....	113
3.2. Analyse de la génération des mouvements	114
3.3. Elaboration du plan de localisation des aires de livraison.....	119

CONCLUSION.....118

CHAPITRE IV: MOBILISATION DE L'OUTIL DYNASIM POUR LA SIMULATION DE L'IMPACT DE L'IMPLANTATION DES AIRES DE LIVRAISON SUR LE TRAFIC

INTRODUCTION

I. Simulation dynamique du trafic routier

1. Modèles & outils de simulation dynamique	121
---	-----

1.1.	<i>Simulation : Généralités</i>	121
1.2.	<i>Echelles d'écoulement du trafic routier</i>	122
1.3.	<i>Choix de l'outil de simulation</i>	123
2.	<i>Simulateur "Dynasim"</i>	125
2.1.	<i>Modalités d'obtention de la licence</i>	125
2.2.	<i>Structure du simulateur Dynasim</i>	125
2.3.	<i>Interface utilisateur & fonctionnement</i>	126
III. Dynasim & Proposition de la méthodologie "Delivery Areas Scenarios Simulation Approach" (DASSIA)		
1.	<i>Protocole appliqué pour la préparation à la réalisation du modèle</i>	128
1.1.	<i>Pré-diagnostic</i>	128
1.2.	<i>Calage et codage des paramètres d'insertion de l'outil de simulation</i>	129
2.	<i>Protocole appliqué pour la réalisation des scénarios de simulation sur Dynasim</i>	134
2.1.	<i>Reconstitution de la situation de référence : avant implantation des aires de livraison</i>	134
2.2.	<i>Reconstitution de la situation projet : intégration des aires de livraison</i>	136
3.	<i>Outputs de simulation dans Dynasim</i>	138
3.1.	<i>Représentation & Edition des points de mesures</i>	138
3.2.	<i>Typologie des critères mesurés dans Dynasim</i>	138
IV. Analyses & comparaison des résultats de simulation		141
1.	<i>Visualisation des résultats de simulation des différents scénarios</i>	141
1.1.	<i>Choix des critères d'évaluation et des points de mesures</i>	141
1.2.	<i>Résultat de simulation de la situation de référence</i>	141
1.3.	<i>Résultat de simulation après intégration des aires de livraisons</i>	142
2.	<i>Analyse des critères d'évaluation procurés par la mise en place de trois aires de livraison</i>	143
2.1.	<i>Temps de parcours</i>	143
2.2.	<i>Vitesse de parcours</i>	144
2.3.	<i>Nombre d'arrêt des véhicules</i>	144
2.4.	<i>Retard d'arrêt</i>	145
2.5.	<i>Temps inter véhicules</i>	146
3.	<i>Test d'optimalité (Cas de l'implantation de quatre aires de livraison)</i>	147
CONCLUSION		149
CONCLUSION GENERALE & PERSPECTIVES DE RECHERCHE		
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		
ANNEXES		

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Schématisation du circuit des échanges de marchandises en ville (Patier & Routhier, 2009). ...	23
Figure 3. Part du transport de marchandises dans le trafic urbain au Maroc	27
Figure 2. Interpénétration des sphères économique et urbaine.	26
Figure 4. Cumul du temps passé pour le stationnement par équivalent de CO ₂ émis en 2015.....	28
Figure 5. Quantité annuel des émissions CO ₂ du TMV - Fès en 2016 (Moufad & Jawab, 2016).	29
Figure 6. Le bilan énergétique du TMV pour le cas de la ville de Fès (Moufad & Jawab, 2016).	29
Figure 7. Typologie des aires de livraison (Barette et al., 2012)	33
Figure 8. Dimensionnement d'une aire de livraison (Barette et al., 2012)	33
Figure 9. Schéma des emplacements possibles des aires de livraison (Reynaud, 2015).	34
Figure 10. Signalisation d'une aire de livraison.	35
Figure 11. Structure modulaire du modèle Freturb (Routhier, 2007).	48
Figure 12. Structure du modèle GoodTrip (Delaître, 2008).	49
Figure 13. Structure du modèle WIVER (Jlassi et al., 2017).	50
Figure 14. Les causes du problème d'accessibilité (Moufad & Jawab, 2016b).....	54
Figure 15. Les causes du manque de sécurité (Moufad & Jawab, 2016b).....	54
Figure 16. Arbre causal de l'impact écologique du TMV (Moufad & Jawab, 2016b)	55
Figure 17. Contribution du TMV à la congestion (Moufad & Jawab, 2016b).....	55
Figure 18. Analyse structurelle des problèmes de TMV (Moufad & Jawab, 2017).	56
Figure 19. Diagramme d'influence du système de TMV (Moufad & Jawab, 2017)	57
Figure 20. Structure générale de la Grille GRAI (Carrie & Macintosh, 2010).	60
Figure 21. Le système de TMV modélisé par la grille GRAI (Moufad & Jawab, 2017).	61
Figure 22. Les hypothèses du modèle théorique (Moufad & Jawab, 2018).	63
Figure 23. Etapes de la méthodologie de validation du modèle	67
Figure 24. Exemple d'un Path diagramme PLS (Song et al., 2016)	69
Figure 25. Les données de base du modèle sur le logiciel SmartPLS.....	80
Figure 26. Le modèle structurel sous le Logiciel Smart PLS.	84
Figure 27. Le modèle final estimé par l'approche PLS	90
Figure 28. Exemple de localisation d'une aire de livraison.....	99
Figure 29. Démarche de conception des aires de livraison.....	100
Figure 30. Schéma de la rue de Cunny	103
Figure 31. Schématisation du tronçon d'étude (Elaboration personnelle).....	104
Figure 32. Planning détaillé de l'enquête de la rue de Cunny	105
Figure 33. Répartition du tronçon d'étude en postes d'observation	111
Figure 34. Cartographie de la typologie industrielle et commerciale du tronçon d'étude	113
Figure 35. Répartition des véhicules de TMV dans le tronçon d'étude.....	114

Figure 36. Tendance des mouvements selon le jour de la semaine	115
Figure 37. Typologie des véhicules utilisés dans chaque activité.....	116
Figure 38. Taux d'utilisation des véhicules par type d'opération.....	116
Figure 39. Répartition des mouvements par durée	117
Figure 40. Répartition des durées de mouvements par type de véhicule.	117
Figure 41. Taux d'utilisation des outils de manutention par type de véhicule.....	118
Figure 42. Taux d'utilisation des outils de manutention par activité.....	118
Figure 43. Plan de localisation des aires de livraison du tronçon d'étude	120
Figure 44. Barre des objets de simulation de l'outil Dynasim.....	127
Figure 45. Illustration 3D du tronçon d'étude de la rue de Cunny	130
Figure 46. Le panneau de saisie de la catégorie 2.....	131
Figure 47. Définition du fond de plan et des calques.....	134
Figure 48. Définition d'un scénario de réseaux	134
Figure 49. Modélisation du réseau du tronçon d'étude en mode logique et géométrique	135
Figure 50. Définition et configuration du scénario de flux.....	135
Figure 51. Scénario de simulation avant intégration des aires de livraison	136
Figure 52. Définition et configuration d'une aire de livraison sur Dynasim	136
Figure 53. Le modèle théorique du tronçon d'étude avec intégration des aires de livraison.....	137
Figure 54. Scénario de simulation après intégration des aires de livraison	137
Figure 55. Les étapes de l'approche de simulation DASSIA.....	139
Figure 56. Fonctionnement général du simulateur Dynasim	140
Figure 57. Simulation de la situation de trafic dans le tronçon d'étude.....	142
Figure 58. La situation de la circulation des véhicules dans le tronçon d'étude.....	142
Figure 59. Simulation de l'écoulement du trafic en présence de trois aires de livraison.....	143
Figure 60. Temps de parcours moyen avant et après implantation des aires de livraison	144
Figure 61. Temps de parcours moyen avant et après implantation des aires de livraison	144
Figure 62. Nombre d'arrêt avant et après implantation des aires de livraison.....	145
Figure 63. Temps d'arrêt des véhicules avant et après implantation des aires de livraison.....	146
Figure 64. Temps inter véhicule avant et après intégration des aires de livraison.....	146
Figure 65. Simulation du trafic en présence de quatre aires de livraison	147
Figure 66. Taux d'occupation des aires de livraison	148
Figure 67. Comparaison du nombre du retard d'arrêt en présence de 3 et 4 aires de livraison	148
Figure 68. Comparaison du temps et de la vitesse de parcours et du temps inter-véhicule en présence de 3 et de 4 aires de livraison.....	149

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Définitions du concept de la logistique urbaine	22
Tableau 2. Les différents positionnements des aires de livraison (Tamayo et al., 2017).	34
Tableau 3. Les projets de la stratégie nationale de la logistique urbaine au Maroc.....	37
Tableau 4. Méthodes organisationnelles & leurs logiciels d'optimisation (Moufad & Jawab, 2016a)	40
Tableau 5. Méthodes analytique, et leurs logiciels d'optimisation (Moufad & Jawab, 2016a).....	41
Tableau 6. Méthodes de simulation, et leurs outils informatiques (Moufad & Jawab, 2016a).....	41
Tableau 7. Typologie des modèles de transport de marchandises en ville (Moufad & Jawab, 2016a)	44
Tableau 8. Synthèse des travaux de recherches (Moufad & Jawab, 2016a)	45
Tableau 9. Présentation de quelques projets de TMV (Moufad & Jawab, 2016a)	46
Tableau 10. Synthèse des bonnes pratiques pour le TMV (Moufad & Jawab, 2016a)	47
Tableau 11. Grille de comparaison des outils d'aide à la décision du TMV (Moufad & Jawab, 2016a) ..	50
Tableau 12. Panorama des facteurs déterminants la performance du TMV (Moufad & Jawab, 2018)	59
Tableau 13. Hypothèse n°1 et ses références.....	64
Tableau 14. Les hypothèses associées à l'hypothèse n°1 et leurs références	64
Tableau 15. Hypothèse n°2 et ses références.....	65
Tableau 16. Les hypothèses associées à l'hypothèse n°2 et leurs références	65
Tableau 17. Hypothèse n°3 et ses références fondatrices	65
Tableau 18. Les hypothèses associées à l'hypothèse n°3 et leurs références	66
Tableau 19. Hypothèse n°4 et ses références fondatrices	66
Tableau 20. Les hypothèses associées à l'hypothèse n°4 et leurs références fondatrices.....	67
Tableau 21. L'échantillon exploratoire.....	70
Tableau 22. Guide d'entretien de l'enquête exploratoire.....	71
Tableau 23. Les caractéristiques de l'échantillon d'enquête	74
Tableau 24. L'échelle de mesure retenue pour la variable « Performance»	76
Tableau 25. L'échelle de mesure retenue pour l'accessibilité	76
Tableau 26. L'échelle de mesure retenue pour la congestion	76
Tableau 27. L'échelle de mesure retenue pour l'aspect écologique	77
Tableau 28. L'échelle de mesure retenue pour la sécurité	77
Tableau 29. Les échelles de mesure retenues pour les variables manifestes	78
Tableau 30. Les valeurs propres des variables latentes du modèle causal.....	81
Tableau 31. Résultats d'analyse de la fiabilité des mesures	82
Tableau 32. Résultats du test de la validité convergente	82
Tableau 33. Résultat du test de la validité discriminante.....	83
Tableau 34. Résultats du test de validation du modèle structurel interne	83

Tableau 35. Résultat du test des hypothèses H1 à H4.....	85
Tableau 36. Résultat du test des hypothèses H5 à H24	86
Tableau 37. Synthèse de l'état de l'art.....	94
Tableau 38. Typologie d'activités commerciales	95
Tableau 39. Description qualitative des mouvements	97
Tableau 40. Synthèse des visites de terrain.....	105
Tableau 41. Classement des véhicules de TMV du tronçon d'étude	106
Tableau 42. L'échantillon de l'enquête exploratoire de la rue de Cunny	107
Tableau 43. Guide d'entretien de l'enquête exploratoire de la rue de Cunny.....	107
Tableau 44. Planning de l'enquête test	112
Tableau 45. Synthèse des mouvements générés par chaque établissement du périmètre d'étude	113
Tableau 46. Synthèse des outils de simulation microscopique du trafic routier	124
Tableau 47. Comparaison des outils de simulation microscopiques du trafic routier.....	125
Tableau 48. Les modules de la barre des modules de Dynasim.....	128
Tableau 49. Les catégories de véhicules employées dans le simulateur.....	131
Tableau 50. Données comptage - Matrice Origine/Destination de chaque catégorie de véhicule.....	133
Tableau 51. Synthèse des critères mesurés dans Dynasim	138

LISTE DES ABREVIATIONS

ALF	: Aire de Livraison du Futur
AMDL	: Agence Marocaine de Développement de la Logistique
AVE	: Average Variance Extracted
BESTUFS	: Best Urban Freight Solutions
CCNUCC	: Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CEREMA	: Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CERTU	: Centre français d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques,
CED	: Centre des Etudes Doctorales
CGEM	: Confédération Générale des Entreprises au Maroc
COP	: Conférences des Parties
CRI	: Centre Régional d'Investissement
CTM	: Compagnie de Transport et Messagerie
DASSIA	: Delivery Areas Scenarios Simulation Approach
DD	: Développement Durable
Dynasim	: Dynamic Simulation
EST	: Ecole Supérieure de Technologie
F	: Facteur
FVC	: Fonds Vert pour le Climat
G	: Groupe
GES	: Gaz à effet de serre
GRAI	: Graphe de Résultats et Activités Interreliés
H	: Hypothèse
HC	: Heure Creuse
HP	: Horizon de Planification
Hpm	: Heure de Pointe Matin
Hps	: Heure de Pointe Soir
LISREL	: Linear Structural Relations
LPE2D	: Laboratoire Productique Energie & Développement Durable
LUMD	: Logistique Urbaine Mutualisée Durable
M	: Sample Mean
MES	: Modélisation par Equations Structurelles
MRIO	: Multi Regional Input Output
Mvts	: Mouvements

O	: Original sample
O/D	: Origine/Destination
PIB	: Produit Intérieur Brut
PL	: Poids Lourds
PLS	: Partiale Least Squares
PP	: Période de Planification
PTAC	: Poids Total Autorisé en Charge
PTMV	: Performance du Transport de Marchandises en Ville
PTV	: Société Planung Transport Verkehr
R	: Rotation
R²	: R Square
Rho D.G	: Rhô de Dillon-Goldstein
SNTL	: Société Nationale de Transport Logistique
STERR	: Standard Error
SUGAR	: Sustainable Urban Good logistics Achieved by Regional and local policies
TC	: Transport en Commun
TMV	: Transport de Marchandises en Ville
TSS	: Transport Simulation Système
UVP	: Unité de Véhicule Particulière
uvp/h	: Unité de Véhicule Particulière/heure
VL	: Variable Latente
VM	: Variable Manifeste
VP	: Véhicules Particuliers
VUL	: Véhicules Utilitaires Légers

AVANT-PROPOS

Ce travail de recherche a été réalisé dans le cadre d'une thèse de Doctorat Nationale préparée à l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fès au sein du Laboratoire Productique, Energétique et Développement Durable (LPE2D) à l'Ecole Supérieure de Technologie de Fès et rattachée au Centre d'Etudes Doctorales (CEDoc) - Sciences et Techniques de l'Ingénieur- à la Faculté des Sciences et Techniques (FST) de Fès.

Cette thèse a été dirigée par Mr. Fouad JAWAB, professeur à l'EST de Fès. Les travaux de cette thèse ont fait l'objet de plusieurs communications nationales et internationales. Nous citons la 10^{ème} édition de LOGISTIQUEA 2017 organisée à ENSIAS Rabat, dont nous avons remporté le 2^{ème} Prix dans la catégorie Sciences de gestion.

Dans les tableaux suivants sont présentées l'ensemble de ces contributions. Parallèlement aux travaux de recherche, nous avons participé aux formations doctorales 2014 organisées par le CEDoc de la FST de Fès et la Cité d'Innovation. Cette participation nous a permis de consolider nos connaissances dans le domaine de la création d'entreprise et de l'innovation.

N°	Titre de la publication	Auteurs	Nom du Journal	Année de publication, Volume, pages	Indexation
1	Multi-criteria analysis of urban public transport problems: the city of Fez as a Case Study	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	International Journal of Scientific & Engineering Research (IJSER)	Vol 8, Issue 1, Janvier 2017	Thomson Reuters - ResearcherID
2	Designing a dashboard for evaluating the performance of urban transport: Case of Balanced Scorecard	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	International Journal of Scientific & Engineering Research (IJSER)	Vol 8, Issue 6, Juin 2017	Thomson Reuters - ResearcherID

N°	Intitulé de la communication	Nature	Auteur(s)	Référence de la manifestation	Date & Lieu
1	Résolution d'un Problème de Tournées de Véhicules avec Fenêtres de temps : application au réseau de transport postal de la région Fès-Meknès-Oujda	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	Colloque International LOGISTIQUEA 2014	29 & 30 Mai 2014, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Fès – Maroc
2	Les plans de déplacements urbains - Le cas des agglomérations marocaines	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	Colloque International de la Logistique Urbaine	16 Octobre 2014, Parc des Expositions de Nantes – France
3	La logistique verte au Maroc : occasion aujourd'hui et obligation demain	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	Colloque International L'Eau, le Recyclage et Valorisation des déchets (ERVD'2)	2 & 3 Juin 2014, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Fès – Maroc
4	Identification des problèmes du transport public urbain au Maroc : Cas de la ville de Fès	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	Colloque International LOGISTIQUEA 2015	27 & 28 Mai 2015, Ecole Supérieure de Technologie, Safi – Maroc
5	Etude d'impact des plateformes logistiques sur la logistique urbaine au Maroc	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	Xème Conférence Internationale : Conception & Production intégrée (CPI)	2 & 4 Décembre 2015, FST Tanger-Maroc

6	Les problèmes du transport de marchandises en milieu urbain - Une Identification par l'analyse causale	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	Colloque International LOGISTIQUE 2016	19 & 20 Mai 2016, Ecole Supérieure de Technologie, Berrechid– Maroc
7	Essai de classement des modèles du transport de marchandises en milieu urbain	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	11 ^{ème} Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique (RIRL 2016)	7 - 9 septembre 2016, Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne - Suisse
8	Analyse causale de l'impact écologique du transport de marchandises en milieu urbain - Vers la réalisation d'un bilan écologique	Orale			
9	Initiation à la conception d'un modèle du transport de Marchandises en Ville pour l'aide à la décision	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	Colloque International sur le Monitoring des Systèmes Industriels (CIMSI 2016)	19 & 20 Octobre 2016, Ecole Nationale des Sciences Appliquées Fès – Maroc
10	Conception & Validation d'un modèle du transport de marchandises en ville	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	Colloque International LOGISTIQUE 2017 (Indexée IEEE)	27 & 28 Avril 2017, ENSIAS Rabat - Maroc
11	Le transport de marchandises en ville, États des lieux, Impact sur l'environnement & Recommandations : Cas de la ville de Fès	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	Colloque International de la Régionalisation Avancée et Ecosystèmes d'Affaires	4 & 5 Mai 2017, Ecole Supérieure de Technologie, Fès - Maroc
12	Use of improvement heuristics for solving a Vehicle Routing Problem: The case of a Moroccan company	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	8th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM 2018) (Indexée Scopus)	6 – 8 Mars 2018, Institut Teknologi Bandung, Indonésie
13	A methodology for measuring the ecological footprint of freight transport in urban areas: a case study of a Moroccan City				
14	Measuring the impact of freeway infrastructure on the accessibility of the city of Fez		Imane MOUFAD & Fouad JAWAB Ait Faska Ismail		
15	Proposition d'une méthodologie pour la simulation dynamique du trafic urbain	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	International conference on Complex Systems and Logistics (ICOSYL 2018)	11 -13 Avril 2018, Université Paris 8, France
16	Les déterminants de la performance du transport de marchandises en ville; Une analyse empirique	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	Colloque International LOGISTIQUE 2018 (Indexée IEEE)	26 & 27 Avril 2018, FST Tanger– Maroc
17	The dynamic simulation of the urban traffic: A literature review	Orale	Imane MOUFAD & Fouad JAWAB	8th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM 2018) (Indexée Scopus)	26 & 27 Juillet 2018, IESEG Paris Campus, La Défense Paris, France
18	The extent of the Urban Freight Transport system on the Road Safety		Imane MOUFAD, Nassima LAARAJ, Fouad JAWAB		

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte de la recherche

Le développement du secteur de la logistique est un maillon indispensable pour le renforcement de la compétitivité de l'économie marocaine et la fluidité de ses échanges. En effet, un ensemble de stratégies sectorielles volontaristes ont été définies par le Maroc notamment dans les domaines agricole, énergétique et industriel. Pour maximiser les chances de réussite de ces stratégies, il est essentiel de les accompagner par un secteur logistique performant répondant aux nouveaux besoins en services logistiques.

Le secteur du transport logistique contribue à hauteur de 3,9% du total des valeurs ajoutées et 7,1% de celles relatives aux activités tertiaires entre 2008 et 2013¹. Ainsi le coût logistique intégré représente au Maroc 20% du PIB, taux supérieur à celui des pays émergents comme le Brésil, Mexique où ce ratio varie entre 15% et 17%². C'est la raison pour laquelle ce secteur figure parmi les principales priorités du pays concrétisées dans la stratégie nationale de développement de la compétitivité logistique qui ambitionne de réduire ce coût à 15% pour un déploiement complet des différentes mesures et actions relatives à cette stratégie à l'horizon 2030³.

Parmi les chantiers de cette stratégie, l'optimisation de la logistique urbaine recouvre une importance vitale pour le développement de la compétitivité logistique du pays globalement mais aussi pour le développement et l'attrait des zones urbaines. Ainsi, le transport de marchandises en ville constitue un maillon prépondérant de la logistique urbaine. Ce dernier représente un véritable moteur de la dynamique économique et de l'attrait d'une ville. Pourtant, il est confronté à des problèmes de congestion, d'insécurité, de pollution atmosphérique et sonore qui contraignent sa performance et entravent son développement. Cette performance constitue un sujet complexe sur lequel de nombreux travaux de recherche ont vu le jour dans la dernière décennie. De ce fait, une organisation efficace s'avère essentielle pour permettre son développement.

2. Problématique de recherche

Dans le cadre de cette thèse, nous appréhendons le traitement du transport de marchandises en ville (TMV) et plus précisément sa performance. Ce dernier constitue une problématique complexe, tant par les objectifs qu'il cherche à optimiser (économique, environnemental, sociétal) que par les enjeux et les multiplicités des acteurs qu'il tend à considérer (Lopez, 2017 ; Dablanc et

¹ Ministère de l'économie et des finances, Direction des études et des prévisions financières, Tableau de bord sectoriel, Mai 2015.
https://www.finances.gov.ma/depf/SitePages/publications/en_chiffres/bord_annuel/tableau_bord_sectoriel.pdf

² Rapport de la Banque Mondiale (World Bank), Logistics Performance Index, 2010.
<https://datacatalog.worldbank.org/dataset/logistics-performance-index>.

³ Ministère de l'équipement, du transport et de la logistique, La stratégie logistique au Maroc, Bilan et perspectives de développement, Juin 2016.
http://www.amdl.gov.ma/amdl/wp-content/uploads/2017/01/Bilan_logistique_VF_21_06_16.pdf

al., 2013; Ducret, 2014). Dans ce contexte, la prise de décision pour le TMV est une expérience complexe puisque de nombreux paramètres sont donc à prendre en compte. Or, les acteurs n'ont aucune vision des conséquences des décisions qu'ils vont prendre vu le manque d'outils dû à la nouveauté du domaine. Suite à ce constat, il paraît intéressant de proposer un modèle qui explicite les facteurs déterminant la performance du TMV ainsi que l'influence de ces facteurs sur cette performance. Afin d'accompagner les ambitions nationales en matière de structuration de la logistique urbaine, nous sommes invités à développer des solutions logistiques adaptées aux besoins des villes et répondants aux multiples enjeux. Parmi les mesures opérationnelles permettant l'amélioration de la performance du TMV, les aires de livraison représentent une opportunité pour l'organisation des livraisons en ville et l'amélioration de la fluidité du trafic routier. À la lumière de ce contexte, notre problématique de recherche peut se résumer dans les quatre questions suivantes :

- Quelles sont les principaux problèmes du TMV et quelles sont les interactions entre eux ?
- Quelles sont les facteurs déterminant la performance du TMV?
- Quelle est l'influence (l'impact) de chaque facteur sur cette performance?
- Quel est le rôle des aires de livraison dans l'amélioration de la performance du TMV et la fluidité du trafic?

3. Objectifs & intérêts attendus

La présente thèse a pour objectif de proposer un modèle de transport de marchandises en ville pour l'aide à la décision. Ce modèle définit une vision claire du TMV et fournit un cadre décisionnel au profit des responsables via un ensemble de principes d'action les aidant à générer des scénarios d'amélioration du transport de marchandises en ville et à prendre des décisions.

De manière sommaire les objectifs de ce travail de recherche s'organisent ainsi :

- Délimitation du champ d'analyse de la logistique urbaine et du TMV en particulier ;
- Identification des facteurs déterminant la performance du TMV ;
- Conception d'un modèle explicitant les relations d'influence entre ces facteurs et la performance du TMV, et proposition d'un ensemble de principes d'actions dans ce cadre ;
- Validation des relations d'influences établies au sein du modèle ;
- Opérationnalisation de l'amélioration de la performance du TMV à travers la proposition d'une méthodologie d'implantation des aires de livraison dans le cas d'une rue commerciale ;
- Estimation des apports de la solution proposée à travers la simulation dynamique en mobilisant l'outil de simulation « Dynasim ».

4. Structure de la thèse

Pour atteindre les objectifs susmentionnés, la thèse est organisée en quatre chapitres :

Le premier chapitre permet de soulever les concepts théoriques qui seront employés le long de ce rapport de thèse. Il s'articule autour de trois parties. La première partie fait l'objet d'une délimitation du champ d'analyse de la logistique urbaine et du TMV en particulier. Elle propose de mettre en question la relation entre la logistique urbaine et le TMV à travers trois volets : le TMV comme étant un maillon prépondérant de la logistique urbaine ; le TMV comme étant un système complexe et le TMV comme étant une problématique d'une grande variété. Ensuite, nous dressons le cadre théorique des concepts qui seront employés dans les chapitres suivants. Nous expliquons le concept de la performance du TMV et celui des aires de livraison qui constituent l'une des mesures opérationnelles pour améliorer cette performance.

La deuxième partie opère un zoom sur le TMV au Maroc. Nous décrivons la stratégie nationale de structuration de la logistique urbaine au Maroc, en exposant sa vision, ses différents axes ainsi que les projets et les actions qui en découlent.

La troisième partie de ce chapitre consiste à dresser un état de l'art de la modélisation du transport de marchandises en milieu urbain. Dans la première section, nous faisons le point sur les approches de modélisation du TMV. Nous dressons un tableau de classification de ces approches en fonction de leurs caractéristiques. Nous proposons, par la suite, une grille de lecture des travaux de modélisation du TMV, en précisons la nature du problème traité, l'objectif du modèle, le niveau de décision et les méthodes de résolution proposées. Dans la deuxième section, nous exposons les solutions expérimentales les plus significatives ayant permis d'élucubrer une base de connaissance sur le TMV à l'échelle internationale. Dans la troisième section, nous décrivons les différents outils de modélisation et d'aide à la décision qui ont été développés dans la littérature et nous élaborons ainsi une matrice de comparaison.

A partir du **deuxième chapitre** commence la contribution effective de ce travail de thèse. Ce dernier est organisé en deux parties. Dans la première partie, nous proposons un modèle pour représenter et surtout pour expliciter la structure du système de TMV et les interactions entre ces variables. Nous essayons d'identifier les facteurs déterminants la performance du TMV et de mesurer le degré d'impact de chaque facteur. Dans un premier temps, nous délimitons à travers une analyse structurelle le champ d'analyse du TMV en identifiant les grands problèmes et mettant en évidence les interactions entre ces éléments. Ensuite, nous construisons le diagramme d'influence pour visualiser les relations causales à l'intérieur du système. Ces deux étapes seront enrichies par une revue de littérature afin de mettre en lumière le contexte de la performance du TMV et d'identifier les facteurs qui peuvent l'influencer. Le résultat de ces trois étapes nous a permis de modéliser, en utilisant la Grille GRAI, le système du TMV pour dégager les liens

décisionnels entre ces facteurs. Par la suite, la grille sera décomposée en hypothèses explicitant les relations d'influences au sein du modèle. La formulation de chaque hypothèse sera basée sur l'ensemble des travaux théoriques l'ayant traité.

La deuxième partie de ce chapitre comprend l'étude empirique permettant de tester les hypothèses issues de la grille. Pour ce faire, nous avons adopté l'approche de Modélisation par Equations Structurelles (MES) en particulier l'analyse PLS (Partiale Least Squares). En conséquence de quoi, nous avons mené une enquête auprès des responsables & usagers du transport de marchandises de la ville de Fès. Nous avons employé une démarche hypothético-déductive faisant appel à une méthodologie séquentielle de complémentarité entre l'analyse qualitative à des fins exploratoires et l'analyse quantitative à des fins confirmatoires. Les résultats de validation du modèle reflètent l'image du système de TMV particulièrement dans la ville de Fès.

Arrivé à ce stade de l'analyse, nous proposons dans **le troisième chapitre**, une méthodologie d'implantation des aires de livraisons comme solution pour l'amélioration du transport de marchandises en ville. Pour ce faire, nous avons organisé ce chapitre en trois parties. Dans la première partie, nous mettons en lumière les différentes étapes de notre démarche pour la conception et la préparation à la mise en place des aires de livraison dans une zone donnée. La deuxième partie opère un basculement en pénétrant dans l'enquête de terrain pour entreprendre notre démarche. Dans ce sens, nous décrivons la méthodologie de l'enquête menée pour la quantification du besoin en aires de livraison. Nous précisons l'utilité de notre enquête et sa position par rapport aux enquêtes de TMV existantes. Ensuite, nous expliquons en détail l'ensemble des étapes de cette démarche. Dans la troisième partie de ce chapitre, nous nous intéressons à la ville de Fès. Nous choisissons le tronçon d'une rue commerciale (Rue de Cunny), sur lequel nous allons déployer notre démarche. Nous estimons, quantitativement et qualitativement la génération des mouvements de marchandises en fonction de plusieurs paramètres. Ensuite, nous réalisons une proposition détaillée des aménagements physiques à mettre en place, et du principe d'organisation spatiale des aires de livraisons.

Dans **le quatrième chapitre**, nous allons mobiliser la simulation dynamique pour dégager les conséquences potentielles de l'implantation des aires de livraison sur l'écoulement trafic dans le périmètre d'étude. Ce chapitre est ainsi organisé en trois parties. Dans la première partie, nous exposons un panorama des modèles et des outils de simulation du trafic routier afin d'amorcer le choix de notre simulateur. Dans la deuxième partie, nous proposons l'approche de Simulation DASSIA (**D**elivery **A**reas **S**cenarios **S**imulation **A**pproach) issue de l'utilisation de la simulation dynamique pour évaluer l'impact de l'implantation des aires de livraison sur le trafic. Cette approche s'articule autour de trois étapes principales. Une étape de pré-simulation qui consiste à réaliser un diagnostic et collecter les données pour la préparation à la réalisation du modèle de

simulation. Une étape de simulation permettant la réalisation du modèle et ses différents scénarios. Suivie par la dernière étape de post-simulation qui consiste à visualiser et à analyser les résultats de simulation. La totalité des résultats obtenus, dans un ordre logique et chronologique, seront détaillés dans la dernière partie de ce chapitre.

Nous concluons notre thèse par un rappel des principaux apports et limites de ce travail de recherche. Nous faisons par la suite, un focus sur les éventuelles perspectives de recherche pouvant assurer la continuité de nos travaux.

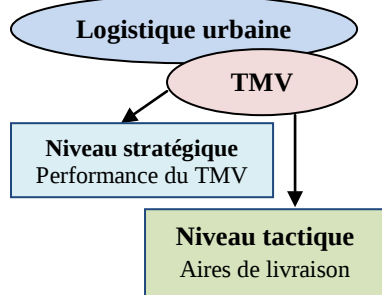
Ci-dessous un diagramme synthétisant la structure de ce rapport de thèse :

INTRODUCTION GENERALE

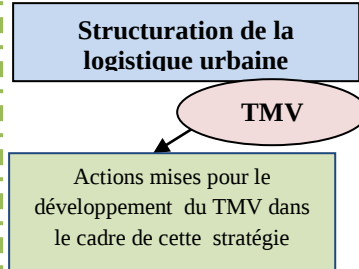
Contexte de la recherche, Problématique, Objectifs & intérêts attendus, démarche

CHAPITRE I : APPROCHE CONCEPTUELLE & MODELISATION DU TRANSPORT DE MARCHANDISES EN VILLE

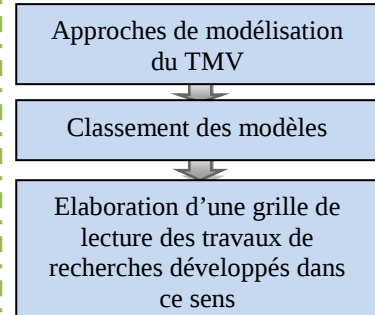
Délimitation du champ d'analyse de la logistique urbaine et du TMV



Stratégie nationale de développement de la logistique au Maroc

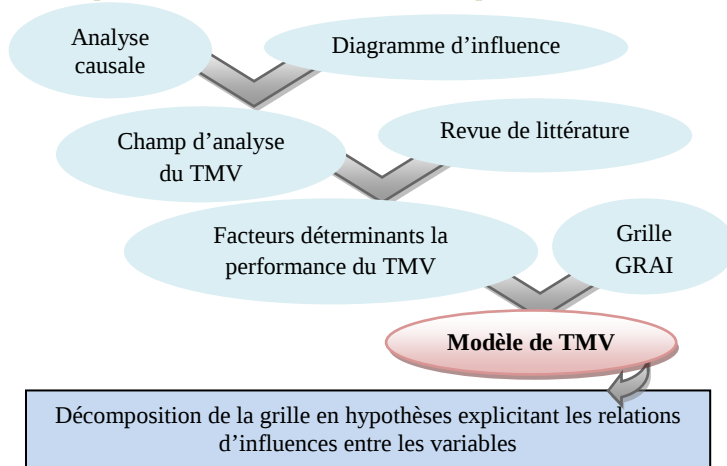


Modélisation du TMV : Revue de littérature

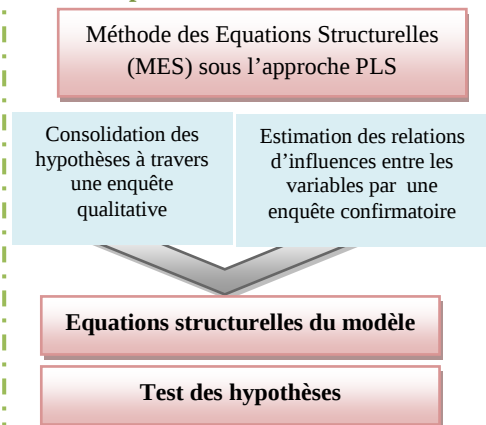


CHAPITRE II : CONCEPTION & VALIDATION D'UN MODELE D'EVALUATION DE LA PERFORMANCE DU TMV

Conception d'un modèle d'évaluation de la performance du TMV



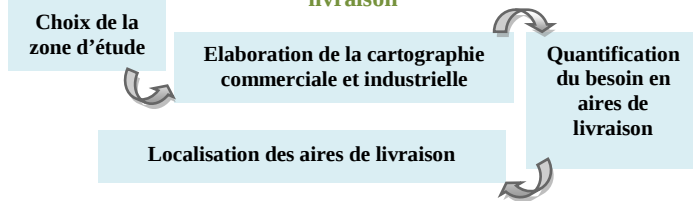
Validation du modèle d'évaluation de la performance du TMV



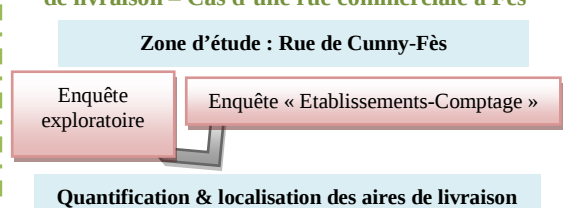
CHAPITRE III : OPERATIONNALISATION DE L'AMELIORATION DE LA PERFORMANCE DU TMV : CAS DE L'IMPLANTATION DES AIRES DE LIVRAISON

Grille de lecture des travaux de recherches développés dans le cadre de la conception et la gestion des aires de livraison

Proposition d'une méthodologie de conception des aires de livraison



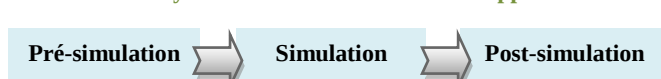
Enquête de préparation à la mise en place des aires de livraison – Cas d'une rue commerciale à Fès



CHAPITRE IV : MOBILISATION DE L'OUTIL DYNASIM POUR LA SIMULATION DE L'IMPACT DE L'IMPLANTATION DES AIRES DE LIVRAISON SUR LE TRAFIC

Modèles & outils de simulation dynamique du trafic routier (Choix de l'outil de simulation Dynasim)

Approche de simulation DASSIA "Delivery Areas Scenarios Simulation Approach"



Analyse & comparaison des résultats



CONCLUSION GENERALE

Apports & limites du travail, Perspectives de recherche

Chapitre I :

Approche conceptuelle & modélisation du transport de marchandises en ville

Introduction

Ce premier chapitre constitue une approche conceptuelle du transport de marchandises en ville. L'intérêt est de soulever les concepts théoriques qui seront employés le long de ce rapport de thèse, d'éclairer la problématique du TMV, de la situer dans son contexte et de synthétiser l'ensemble des recherches effectuées dans ce domaine. De ce fait, le chapitre s'articule autour de trois parties. La première partie fait l'objet d'une délimitation du champ d'analyse de la logistique urbaine et du TMV en particulier. Elle propose de mettre en question la relation entre la logistique urbaine et le TMV à travers trois volets : le TMV comme étant un maillon prépondérant de la logistique urbaine ; le TMV comme étant un système complexe et le TMV comme étant une problématique d'une grande variété. Ensuite, nous dressons le cadre théorique des concepts qui seront employés dans les chapitres suivants. Nous expliquons le concept de la performance du TMV. Ensuite, celui des aires de livraison qui constituent l'une des mesures opérationnelles pour améliorer cette performance. La deuxième partie quant à elle opère un zoom sur le TMV au Maroc. Nous décrivons la stratégie nationale de structuration de la logistique urbaine au Maroc, nous exposons sa vision, ses différents axes ainsi que les projets et les actions qui en découlent. La troisième partie de ce chapitre consiste à dresser un état de l'art de la modélisation du transport de marchandises en milieu urbain. En premier lieu, nous faisons le point sur les approches de modélisation du TMV. Nous dressons un tableau de classification de ces approches en fonction de leurs caractéristiques. Nous proposons, par la suite, une grille de lecture des travaux de modélisation du TMV, en précisons la nature du problème traité, l'objectif du modèle, le niveau de décision et les méthodes proposées pour résoudre le problème. Deuxièmement, nous exposons les solutions expérimentales les plus significatives ayant permis d'élucubrer une base de connaissance sur le TMV à l'échelle internationale. Et finalement, nous décrivons les différents outils de modélisation et d'aide à la décision qui ont été développés dans la littérature et nous élaborons sur cette base une matrice de comparaison.

I. Délimitation du champ d'analyse de la logistique urbaine et du TMV

1. Logistique urbaine & Transport de marchandises en ville : Généralités

1.1. *Genèse de la logistique urbaine*

Dans cette section nous abordons les origines et évolution de la logistique urbaine. Les premières sources sur la logistique urbaine, datent des années 1960 et 1970, notamment aux Etats Unis, au Canada, en Australie mais également en Europe et au Japon, à destination des grandes villes

(Chiron-Augereau, 2009). Dans les années 90, la prise de conscience de l'intervention des autorités publiques dans la gestion et la planification du TMV, a donné lieu à des réflexions autour de la logistique urbaine (Morana & Gonzalez-Feliu, 2011). Or, ces années ont été marquées par un net ralentissement de la production de données dans ce contexte, alors que la question des transports en commun est passée sur le devant de la scène académique (Gonzalez-Feliu, 2013). Le début des années 2000 marque, pour certains, un renouveau des études du fret urbain, pour d'autres, le vrai démarrage et développement de ce champ de recherche (Patier & Browne, 2010). La production scientifique a également explosé ces quinze dernières années comme en témoigne le nombre de publications scientifiques, d'enquêtes, guides, et conférences. On constate aussi une forte augmentation, de la littérature orientée vers le fret urbain durable (Lindholm, 2010).

1.2. TMV : un maillon prépondérant de la logistique urbaine

Logistique urbaine : Les définitions de la logistique urbaine sont multiples et peinent à embrasser l'étendu du champ. En effet, plusieurs termes ont été employés pour désigner le concept de la logistique urbaine : logistique du dernier kilomètre, logistique de proximité....

Par conséquent, nous avons relevé, à travers le Tableau 1, un ensemble de définitions de la logistique urbaine employées dans la littérature.

Tableau 1. Définitions du concept de la logistique urbaine

Références	Définition
(Chiron-Augereau, 2009)	Une gestion optimisée des flux qui a pour but d'assurer une qualité de service optimale dans un souci d'efficacité et de rationalisation des coûts tout en réduisant les nuisances induites
(Guyon et al., 2011)	Un procédé par lequel on optimise les activités de logistique et de transport des compagnies privées avec l'aide de systèmes d'information avancés pour la gestion du trafic, de sa congestion, de la sécurité et des ressources d'énergie dans les agglomérations, à l'intérieur d'une économie de marché.
(Patier et Toilier, 2012)	L'art d'acheminer dans les meilleures conditions les flux de marchandises qui entrent, sortent et circulent dans la ville. Elle relève de jeux d'acteurs multiples aux enjeux souvent contradictoires : pouvoirs publics, acteurs économiques, institutionnels, riverains...
(Gonzalez-Feliu, 2013)	Le processus d'optimisation complète des livraisons à destination du centre-ville sans pour ainsi pénaliser le développement économique des activités de ces quartiers
(Abdelhai et al., 2014)	La logistique urbaine est une discipline née dans les années 1990, avec pour objet de répondre aux questions qui se posent autour des nuisances provoquées par le transport de marchandises en ville

En prenant en considération ces définitions, on peut la spécifier comme étant une gestion optimisée des flux qui entrent, sortent et circulent dans la ville, en assurant une qualité de service optimale dans un souci de rationalisation des coûts tout en réduisant les nuisances induites.

En plus, la logistique urbaine constitue le fruit de l'interaction entre de nombreux agents du système urbain (Gonzalez-Feliu, 2013; Morana, 2015):

- ✓ Un système de transport qui associe le réseau et les aménagements de voirie aux différents usagers. Il détermine les conditions de circulation, l'aménagement et l'usage des espaces de stationnement.

- ✓ Une activité économique qui regroupe l'ensemble des secteurs d'activité et conditionne les stratégies logistiques des entreprises.
- ✓ Une gestion urbaine qui est associée aux responsabilités des collectivités locales qui statuent la planification et l'organisation des espaces de livraisons, le service urbain et le développement économique sur leur territoire.
- ✓ Une vie de la cité qui concerne l'habitat, les modes de vie des consommateurs et les usagers de la voirie, les densités d'activité et la gestion de la voirie dans le temps et dans l'espace

Les mécanismes de fonctionnement de chaque sous-système et leurs interactions font appel à ce qui est communément appelé la logistique urbaine.

Transport de Marchandises en Ville : Le TMV est un maillon prépondérant de la logistique urbaine (Guyon et al., 2011). Il peut être appréhendé comme l'ensemble des mouvements de marchandises nécessaires aux activités économiques, aux institutions et aux résidents dans l'étang de la vie urbaine. Ce que l'on qualifie de TMV ne se restreint pas uniquement aux livraisons mais également aux opérations d'enlèvement. Il se constitue de trois composantes essentielles (Toilier et al., 2014):

- ✓ Les échanges de marchandises entre l'ensemble des établissements économiques d'une agglomération.
- ✓ Les enlèvements de marchandises générés par les déplacements d'achats des particuliers.
- ✓ Les flux annexes : qui regroupe le transport de déchets, les besoins propres des services publics, les déménagements, les livraisons à domicile, les services postaux, et les hôpitaux.

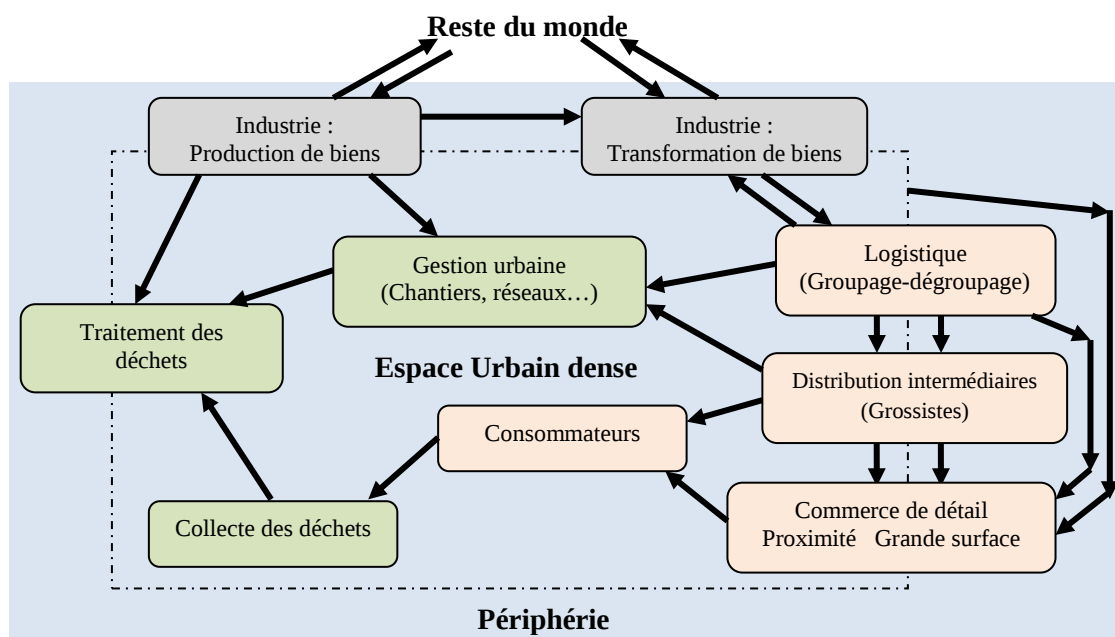


Figure 1. Schématisation du circuit des échanges de marchandises en ville (Patier & Routhier, 2009).

Si on cherche à illustrer le cycle du transport de marchandises en ville, on peut isoler d'une part la sphère de biens qui entretient des différents niveaux du système de distribution. Le circuit se poursuit, d'autres part, jusqu'au consommateur final sans oublier les flux qui alimentent le système de gestion de la ville manifesté à travers les entretiens des réseaux urbains, les chantiers, les colis postaux, etc. Le cycle s'achève par les différents circuits de la logistique inverse. Une schématisation du circuit des échanges de marchandises en milieu urbain est proposée à travers la figure 1 (Patier & Routhier, 2009). En plus, le transport de marchandises en ville peut s'effectuer soit en trace direct (c'est-à-dire un trajet impliquant un seul aller-retour et donc un point d'enlèvement et un point de livraison) soit en tournées (c'est-à-dire un trajet impliquant plusieurs arrêts pour déposer les marchandises) (Gonzalez-Feliu, 2013).

1.3. TMV : un système complexe

Les systèmes complexes peuvent être définis par : « *les systèmes dont le comportement est considéré « indécidable » comparés à ceux dont le comportement est tenu pour déterminable* » (Ladyman et al., 2013). A travers cette définition, le TMV aussi plus généralement la logistique urbaine peut être comparée à un système complexe. Pourvu de préciser nos propos, nous faisons l'analogie avec les travaux de (Ladyman et al., 2013) qui a décrit les caractéristiques d'un système complexe par les attributs suivants :

- ✓ *Résistant* : La complexité du système joue sur notre capacité à le comprendre. Alors, des solutions qui nous semblent faisables peuvent ne pas être en réalité.
- ✓ *Contre-intuitif* : C'est-à-dire que les résultats ne sont pas toujours ceux qui ont été anticipé. Par exemple, le fait de remplacer les poids lourds par des petits véhicules peut entraîner plus de trajets pour livrer la même quantité et donc plus de véhicule-kilomètre. Il s'agit donc de se concentrer sur les causes et non pas les événements que nous cherchons à expliquer.
- ✓ *Caractérisé par des compromis* : Il s'agit de trouver un compromis entre les objectifs de la sphère économique et ceux de la sphère urbaine. Donc il s'agit de trouver des solutions permettant d'améliorer les conditions de vie sans pénaliser une catégorie d'acteurs et favoriser une autre.
- ✓ *Adaptatif et évolutif* : La mise en œuvre des réglementations suit l'évolution des conditions et contraintes du système de TMV qui seront adaptées en fonction des caractéristiques économiques, environnementales et sociales des zones urbaines.
- ✓ *Fortement couplé* : Les acteurs du TMV interagissent fortement les uns avec les autres et avec l'environnement.

- ✓ *Constamment en mutation* : Avec l'étalement urbain, Le TMV connaît une forte mutation en raison de la variation de la demande, de l'augmentation du nombre de véhicule et de l'évolution des besoins des consommateurs.
- ✓ *Régi par rétroaction* : Chaque action et chaque comportement des acteurs peuvent être considérés comme une cause et ses comportements changent selon des boucles de rétroaction entre les différents acteurs.

1.4. TMV: une problématique d'une grande variété

La multiplicité des enjeux et l'hétérogénéité des acteurs font du TMV une problématique d'une grande variété et au centre de nombreuses contradictions (Lagorio et al., 2016).

a) Acteurs du TMV

La complexité du TMV est largement amplifiée par le nombre des acteurs dont les comportements diffèrent en fonction des intérêts qui correspondent à des problématiques locales. On peut identifier deux sphères d'acteurs :

- ✓ *La sphère économique* : Il s'agit, des entreprises détenteurs de fret qui sont à l'origine de la production des biens acheminés par la chaîne logistique. Ainsi que, les opérateurs de transport (prestataires de service ou sous-traitant) responsables de l'acheminement des marchandises. Il faut distinguer les sous-traitants, dont le rôle est d'effectuer des opérations de transport pour le compte d'autrui, et les prestataires de services logistiques qui ont un rôle plus large de pilotage et d'optimisation des flux de marchandises. Les acteurs économiques répondent à des logiques commerciales qui dépassent les limites administratives ou simplement le cadre de la ville (Milan et al., 2015).
- ✓ *La sphère urbaine* : qui regroupe ceux qui cherchent à maximiser le bien-être collectif. Trois grands types d'acteurs occupent cette sphère : les citoyens, les acteurs publics et la société civile (Abdelhai et al., 2014). Les habitants et usagers urbains sont au cœur de la problématique de la logistique urbaine. Ils sont à la fois des consommateurs finaux de marchandises, des transporteurs de marchandises lors de leurs déplacements d'achat, des utilisateurs de la voirie et des générateurs de mouvements lorsqu'il s'agit de la livraison à domicile (Cui et al., 2015).

Les acteurs publics sont représentés par les élus et collectivités locales qui sont au cœur de l'implémentation de solutions logistiques adaptées aux spécificités locales, et en cohérence avec les orientations nationales. Ils définissent la politique globale en matière de logistique urbaine et le cadre réglementaire permettant son opérationnalisation (Morana & Gonzalez-Feliu, 2011). On retrouve aussi la société civile personnifiée par l'ensemble des associations qui joue un rôle important dans la structuration de la logistique urbaine à travers : la remontée des problématiques rencontrées au niveau local ; la diffusion et vulgarisation de bonnes

pratiques relatives à la logistique urbaine et la participation à la définition et à la mise en œuvre de solutions logistiques au niveau local (Crainic, 2008). A partir de cette classification, nous avons élaboré la figure 2 mettant en évidence les interactions entre ces acteurs :

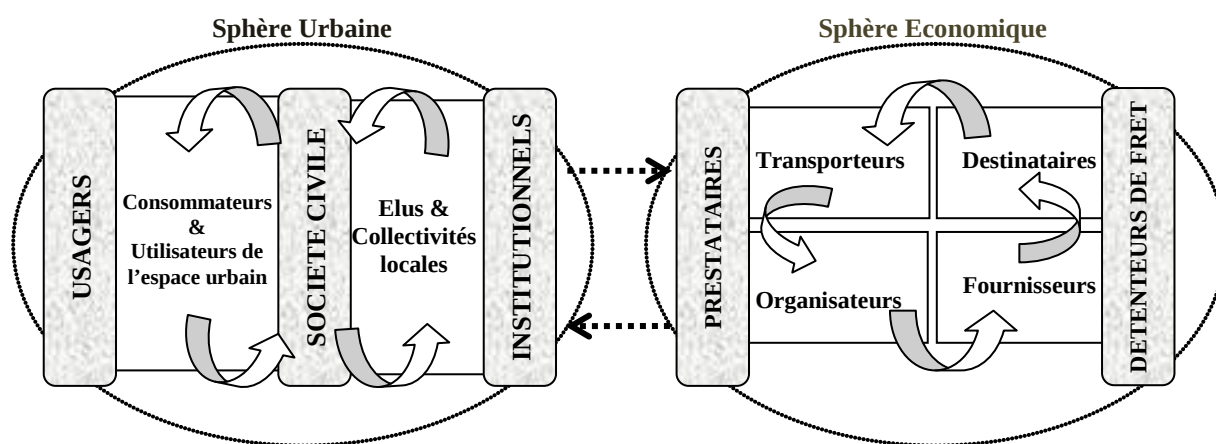


Figure 2. Interpénétration des sphères économique et urbaine.

b) Enjeux du TMV

L'amélioration du TMV est basée sur un compromis de toutes les parties prenantes. Cela permet de prendre en compte différents enjeux qui peuvent être classés en cinq catégories :

- ✓ *Enjeux fonctionnels* : qui considèrent la mobilité urbaine dans une vision globale en intégrant le TMV dans l'organisation fonctionnelle des infrastructures urbaines (Morana & Gonzalez-Feliu, 2010). Deux enjeux fonctionnels majeurs apparaissent alors : la nécessité d'une bonne insertion du transport de marchandises dans la circulation urbaine à l'échelle de l'agglomération. A l'échelle de l'opérateur de transport, la nécessité d'améliorer ou au moins de maintenir les performances de la desserte dans un contexte de forte concurrence dans un espace urbain de plus en plus encombré. Dans les grandes villes marocaines (Figure 3), le trafic lié au transport de marchandises en ville représente environ le quart du trafic total en ville, signifiant ainsi l'importance du TMV dans les déplacements urbains. Ainsi 60% des transporteurs ne planifie pas leurs tournées⁴. Il s'agit donc de donner aux déplacements de marchandises la place qu'ils méritent dans les réflexions comme dans les aménagements urbains.

⁴ Panel 1 - Politique de la logistique urbaine et ville durable, Enjeux et initiatives pour une logistique efficiente et durable. AMDL, Journée Logistique urbaine durable, Ville de Casablanca, 9 Novembre 2017.

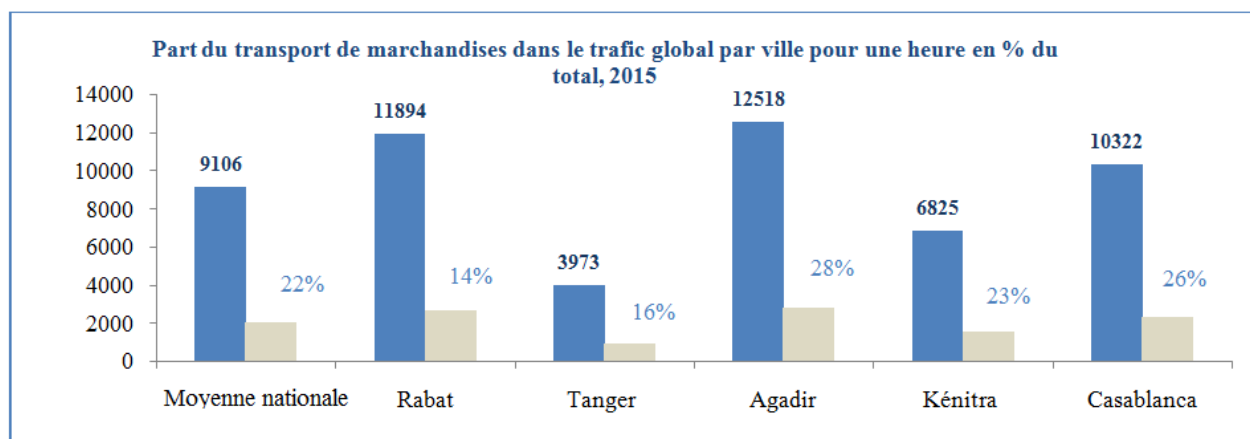


Figure 3. Part du transport de marchandises dans le trafic urbain au Maroc

- ✓ *Enjeux économiques* : la performance de l'activité du TMV est liée à la qualité et à l'efficacité de la desserte de marchandises (Hamon & Jauhier, 2014). Avec l'étalement spatial des villes, la taille du marché des professionnels du TMV augmente demandant des capacités de voiries toujours plus importantes. Il en résulte une aggravation de la congestion et de la pollution atmosphérique. Ces phénomènes sont alors à l'origine d'un gaspillage de ressources et freinent la croissance économique des villes. Dans ce cas, il est donc essentiel que les logiques à priori contradictoires des deux sphères se rejoignent pour insinuer durablement la croissance de la ville et l'efficacité du TMV (Piar, 2016).
- ✓ *Enjeux urbanistiques* : Les mouvements de marchandises en ville exploitent plusieurs espaces. De ce fait, la planification urbaine est un levier très important au service de la redynamisation organisationnelle et économique de l'agglomération. Ce constat oblige les décideurs publics à reconsidérer la configuration des plans de circulation et à repenser les politiques foncières afin qu'elles soient en adéquation avec le besoin des consommateurs finaux (Delaître, 2008). L'étude réalisée par l'Agence Marocaine de Développement de la Logistique (AMDL⁵) entre 2014 et 2016 sur la structuration de la logistique urbaine au Maroc, a décelé une rareté ou absence d'aménagements dédiés aux besoins de livraison⁶. La figure 4 représente le cumul de temps passé à trouver un espace de stationnement à proximité du lieu de livraison par équivalent de CO₂ émis dans quelques villes marocaines en 2015 :

⁵ AMDL : Établissement public doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière sous la tutelle de l'Etat. Elle a été créée par la Loi n°59-09, publiée au Bulletin Officiel du 21 Juillet 2011. C'est une structure dédiée à la gestion et coordination des études stratégiques et des actions d'amélioration de la compétitivité logistique au Maroc. <http://www.amdl.gov.ma/amdl/accueil/>

⁶ AMDL, 2016, Guide Nationale de la logistique urbaine. Démarche de structuration de la logistique urbaine au sein des villes marocaines (pp. 1–56).

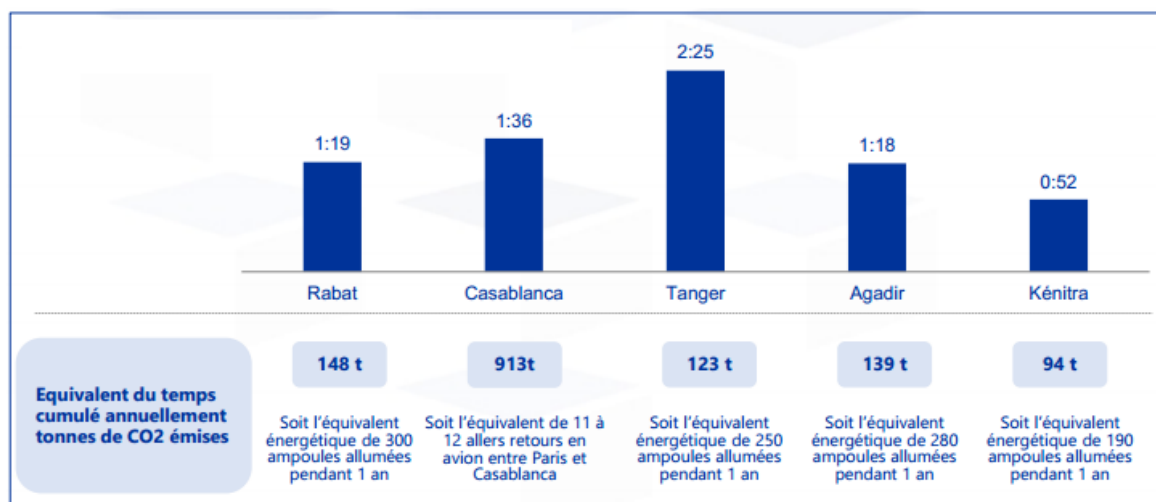


Figure 4. Cumul du temps passé pour le stationnement par équivalent de CO₂ émis en 2015

- ✓ *Enjeux environnementaux* : L'enjeu environnemental, au travers d'une réflexion autour de la logistique urbaine, est de pouvoir limiter les effets négatifs des livraisons en centre-ville: les émissions de GES ; la consommation énergétique ; les polluants atmosphériques locaux (particules fines, NO₂...) ; et les nuisances sonores (Hamon & Joughier, 2014). En effet, les grandes enquêtes réalisées en France ont révélé que 20 à 25% de la voirie est occupée par le transport de marchandises, et qu'il est responsable de 25% des émissions de CO₂, 30% du dioxyde d'azote NO₂ et 60% des particules fines (Albergel et al., 2006).

A l'échelle Marocain, des études déjà réalisées ont estimées que les émissions CO₂ (pris comme élément environnemental de référence de part sa contribution directe à l'effet de serre.) du TMV représentaient le quart des émissions liées à la mobilité urbaine (Jami & Kammas, 2013). L'étude que nous avons réalisé dans la ville de Fès afin de mesurer l'impact écologique du TMV et qui porte seulement sur la composante qui concerne les déplacements inter-établissements, a révélé que les émissions CO₂ du TMV est d'environ 25067 tonnes de CO₂/an (Moufad & Jawab, 2016). La figure 5 déchiffre les quantités de CO₂ émis par les véhicules du TMV de la ville de Fès en fonction du Poids Total Autorisé en Charge (PTAC):

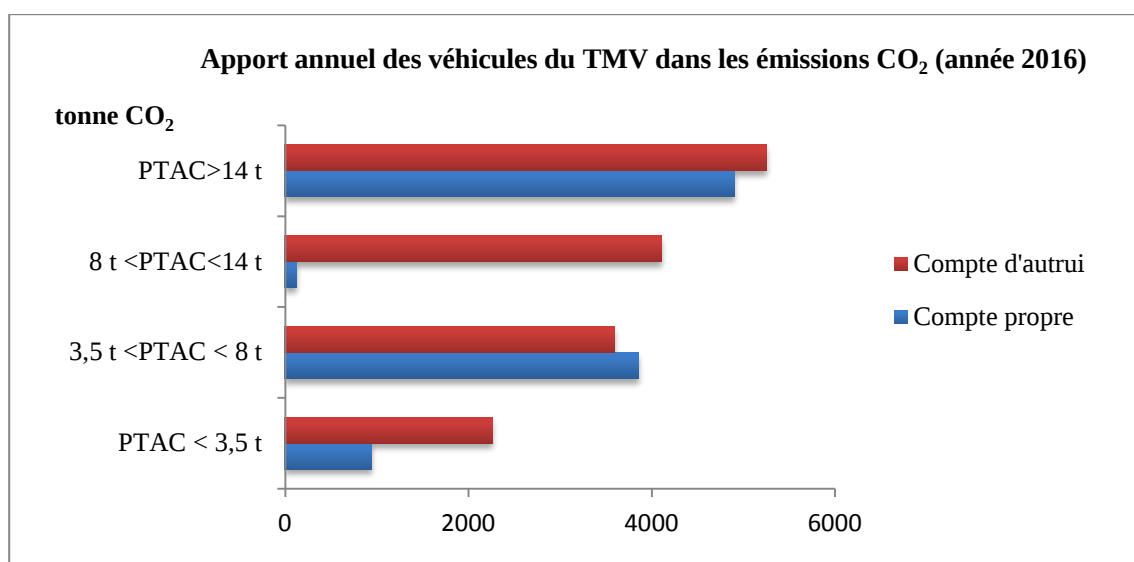


Figure 5. Quantité annuel des émissions CO₂ du TMV - Fès en 2016 (Moufad & Jawab, 2016).

Ainsi, les dépenses énergétiques du transport urbain de la ville de Fès est de 57789 tep⁷ (tonnes équivalent pétrole). Les résultats obtenus, dans le cadre de notre étude, estiment que le bilan énergétique du TMV pour l'année 2016 est d'environ 26250 tep (ce qui représente à peu près 45% du total) dont le transport pour compte d'autrui absorbe presque 62% (Moufad & Jawab, 2016). La figure 6 déchiffre le bilan énergétique annuel du TMV de Fès pour l'année 2016 :

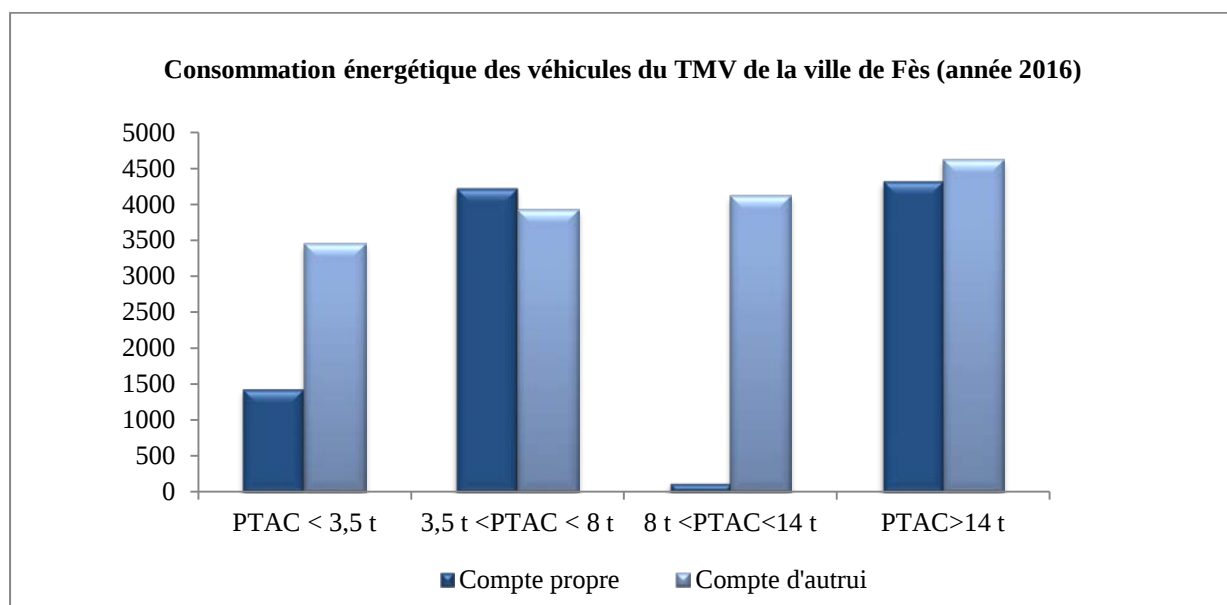


Figure 6. Le bilan énergétique du TMV pour le cas de la ville de Fès (Moufad & Jawab, 2016).

La pollution atmosphérique n'est le seul problème environnemental, les nuisances sonores altèrent le caractère durable du TMV et plus généralement celui des secteurs urbains. Des études et enquêtes réalisées (Albergel et al., 2006; Delaître, 2008) ne montrent pas vraiment que le bruit du transport urbain représente un risque sérieux. Mais, il faut prendre en

⁷ Données du Bilan énergétique, économique et environnemental associé au modèle de transport actuel de la ville de Fès, Commune Urbaine, 2016.

considération que la qualité de vie est atteinte par le niveau de bruit. Donc la diminution du bruit représente une forme de confort par rapport à la pollution atmosphérique qui touche la santé.

- ✓ *Enjeux sociaux* : L'évolution des modes de livraisons et plus particulièrement ceux de la logistique du dernier kilomètre vont avoir un impact progressif à la fois sur les conditions de travail des acteurs de la livraison mais aussi sur l'attractivité future du métier. Il faut donc, repenser la chaîne des relations entre le producteur et le consommateur en redonnant au transport de marchandises en ville sa juste valeur moyennant un accès à la formation, au salaire à la hauteur du travail effectué et une reconnaissance de la profession (Hamon & Jauhier, 2014).

En dissipons l'ensemble du TMV, on constate que la complexité est telle qu'il est difficile de prendre en compte les logiques des flux si différentes et d'accommoder des acteurs ayant des objectifs aussi antagonistes (Gonzalez-Feliu et al., 2012).

En conséquence de quoi, le transport de marchandises en ville devient un élément de différenciation essentielle et concurrentielle pour les agglomérations et doit être considéré d'un point de vue global.

2. Performance du Transport de Marchandises en Ville

Avant de réfléchir aux déterminants de la performance du TMV, il convient de mettre le point sur le concept de la performance et tirer à la claire la terminologie logistique.

2.1. Concept de la performance logistique

La performance logistique peut être définie comme étant la résultante de plusieurs facteurs ayant pour finalité de satisfaire la demande client au moindre coût et avec le minimum d'impact sur l'environnement (Amiri et al., 2015; Forslund, 2012). En effet, les piliers de la performance logistique sont de quatre ordres (Cho et al., 2012 ; Morana & Gonzalez-Feliu, 2010) :

- *Fiabilité* : une organisation est dite fiable lorsque la probabilité de remplir sa mission sur une durée définie correspond à celle spécifique dans le contrat ou le cahier de charge. Dans le cas de la logistique, la fiabilité se traduit par la capacité à satisfaire la demande conformément aux attentes clients. Elle recouvre ainsi les notions de respect des moyens et de résultats par rapport aux spécifications et objectifs prédéfinis.
- *Efficience* : ce pilier représente le rapport efficacité/coût. Il désigne le fait de réaliser un objectif avec une utilisation optimale des ressources à moindre coût. Les principes de l'efficience logistique font appel à l'organisation des flux, à l'optimisation des ressources, la mutualisation, la réduction des coûts et l'élimination des gaspillages.

- *Réactivité* : elle représente la capacité d'adapter les processus, l'organisation et les ressources de l'entreprise face à la fluctuation de la demande dans un environnement instable, incertain et risqué. La réactivité fait appel à des indicateurs de rotation de stock, à la vitesse d'écoulement des flux, au temps de cycle...etc. En répondant mieux, plus vite et moins cher à la demande, on améliore ainsi la rentabilité de l'entreprise.
- *Respect de l'environnement* : au plan de la logistique durable, la mesure de performance concerne la formation de l'éco-conduite, la mutualisation du transport, développement du transport multimodal, la réduction de la consommation d'énergie, la réduction des émissions des GES et la congestion (Amiri et al., 2015).

En bref, la performance logistique est le garant d'un service client optimum aux meilleures conditions économiques, sociales et environnementales qui prennent en compte ces quatre leviers logistiques et engendrent la conceptualisation et la mise en œuvre des systèmes de mesure qui allient diagnostic et aide à la décision.

2.2. Spécificités de la performance du TMV

Si la performance logistique suit des principes d'une entreprise, la performance de la logistique urbaine est liée aux actions et objectifs des pouvoirs, et les visions « entreprise » sont confrontées aux visions « collectivités ». Donc face à la complexité des opérations, la multiplicité des acteurs, les enjeux et les objectifs antagonistes du TMV, sa performance mérite d'être abordée dans une logique transverse et globale (Lagorio et al., 2016; Morana, 2015).

La problématique de l'évaluation de la performance logistique et plus précisément celle de la logistique urbaine est un élément essentiel qui transparaît au long de son évolution. En fait, ce concept s'est longuement placé dans une optique purement financière. Or, L'émergence de la pensée du Développement Durable (DD) a imposé l'association des indicateurs financiers et non financiers. Le but poursuivi est de concevoir une évaluation multicritère et multidimensionnelle où les intérêts de tous les acteurs sont intégrés (Morana & Gonzalez-Feliu, 2012).

Plusieurs travaux introduisent des indicateurs pour l'évaluation de la performance du TMV (Bask & Rajahonka, 2017; Ciaramella et al., 2014; Haghshenas & Vaziri, 2012; Morana & Gonzalez-Feliu, 2012; Patier & Routhier, 2009).

A partir de ces travaux, on peut suivre une démarche qui s'inscrit dans le cadre du développement durable et définir ainsi la performance du TMV selon trois niveaux:

- ✓ La performance économique : cette catégorie peut regrouper les indicateurs économiques (coût du transport) et les indicateurs de performance opérationnelle (respect des délais, qualité des produits, niveau des stocks)

- ✓ La performance environnementale : qui peut regrouper les indicateurs sur la pollution, la consommation énergétique et le bruit liés à l'aspect écologique ainsi que des indicateurs de la sécurité.
- ✓ La performance sociale : elle peut regrouper des indicateurs non seulement liés à la création d'emploi mais également aux habitudes et au changement sur les modes d'organisation et l'ergonomie.

3. Aires de livraison : Définition & Caractéristiques

Les aires de livraison représentent un concept qui sera déployé dans le chapitre 3. C'est pourquoi, il paraît intéressant de poser son cadre théorique dans ce premier chapitre.

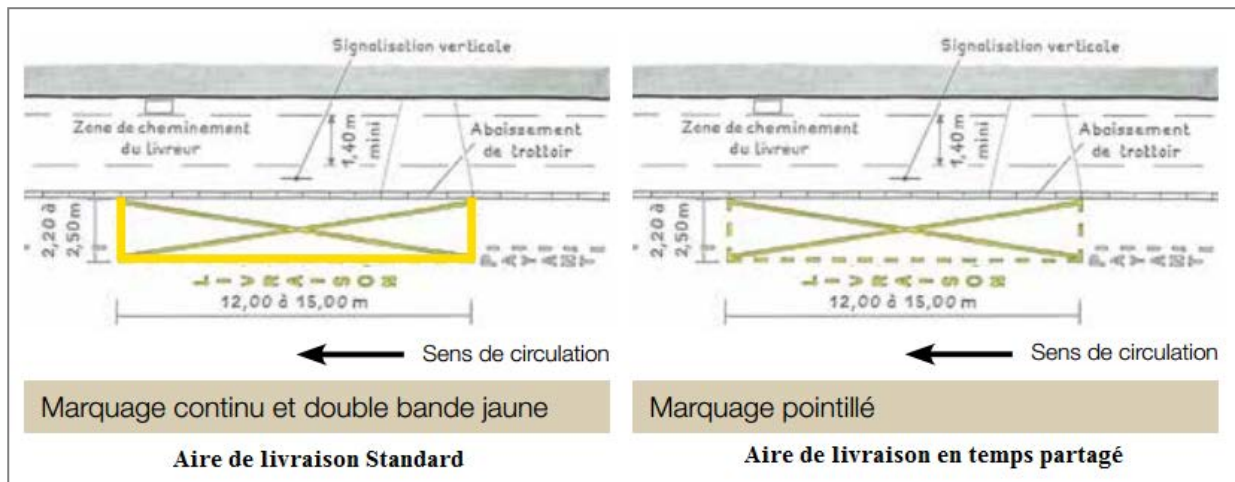
3.1. Définition

La terminologie pour les aires de livraison n'est pas normalisée : aire de livraison, zone de livraison, aire de déchargement, zone de desserte, voire, sur certains panneaux, arrêt minute peuvent désigner ces espaces (Laurence, 2013; Reynaud, 2015). L'aire de livraison est l'outil d'aménagement de la voirie publique qui permet de répondre aux besoins des chauffeurs-livreurs. Il s'agit d'un emplacement d'arrêt des véhicules effectuant un chargement ou un déchargement de marchandises (Browne et al., 2014). Selon le guide de CERTU⁸, le terme «arrêt» désigne l'immobilisation momentanée d'un véhicule sur une route durant le temps nécessaire pour permettre le chargement ou le déchargement du véhicule. En effet, il existe deux types d'aires de livraison avec deux marquages différents. La figure 7 illustre ces deux types de marquage⁹:

- Les aires de livraison dites «Standards» : il s'agit des espaces réservés de manière permanente aux opérations de livraison. Le marquage de ces emplacements est réalisé par l'instauration d'une ligne continue jaune doublée.
- Les aires de livraison dites « En temps partagé » : il s'agit des emplacements réservés de manière périodique aux opérations de livraison. Le stationnement ou l'arrêt des véhicules particuliers est autorisé sur ses aires en dehors des périodes de livraison. Ces emplacements sont identifiés par un marquage de lignes discontinues de couleur jaune.

⁸ CERTU. Aménagement des aires de livraisons, guide pour leur quantification, leur localisation et leur dimensionnement. Editions Juillet 2009.

⁹ Rapport CERTU, Mobilités et Transports Outils et méthodes - Aires de livraison : planifier, aménager et gérer l'accueil des véhicules, 2013, Fiche n°02, pages 1–11



b) Positionnement des aires de livraison

L'emplacement d'une aire de livraison doit tenir compte de deux critères (Laurence, 2013) :

- Localisation à proximité des commerces afin de ne pas dissuader les professionnels de les utiliser. A l'échelle nationale, plus de 90% des livraisons de 25 familles de produits se font par des véhicules stationnant dans un rayon inférieur à 30 mètres du lieu de livraison¹⁰.
- Localisation de l'aire de façon à ne pas gêner la visibilité des usagers (professionnels et particuliers) sur les autres équipements de signalisation (feux rouges, panneaux, etc.).

De ce fait, les aires de livraison peuvent être aménagées sur quatre types d'emplacements décrits dans le Tableau 2:

Tableau 2. Les différents positionnements des aires de livraison (Tamayo et al., 2017).

Type d'emplacement	Situation recommandée	Avantages	Points de vigilance
Intégrée au stationnement longitudinal	Après une entrée charretière	les emplacements de livraisons sont matérialisés dans la file de stationnement.	-
	En début de tronçon de voirie	La proximité d'un passage piéton avec abaissement de trottoir facilite grandement le travail de manutention.	
En encoche (Sur le trottoir)	Lorsque le trottoir est large et que la voirie est étroite	Cet aménagement permet de ne pas réduire l'espace dédié à la chaussée	Ce dispositif ne peut être envisagé que sur des trottoirs larges et présentant une faible arborisation
En demi-encoche (A cheval entre la chaussée et le trottoir)	Lorsque le trottoir et la voirie sont moyennement étroits	Cet aménagement permet de limiter le nombre de place où le livreur peut se garer de manière illicite	Cet aménagement présente l'inconvénient d'empiéter sur le trottoir (si la chaussée mesure moins de 6,60m, alors le dispositif est bloquant pour la file de droite)

Dans la figure 9 sont illustrés ses quatre types d'emplacements :

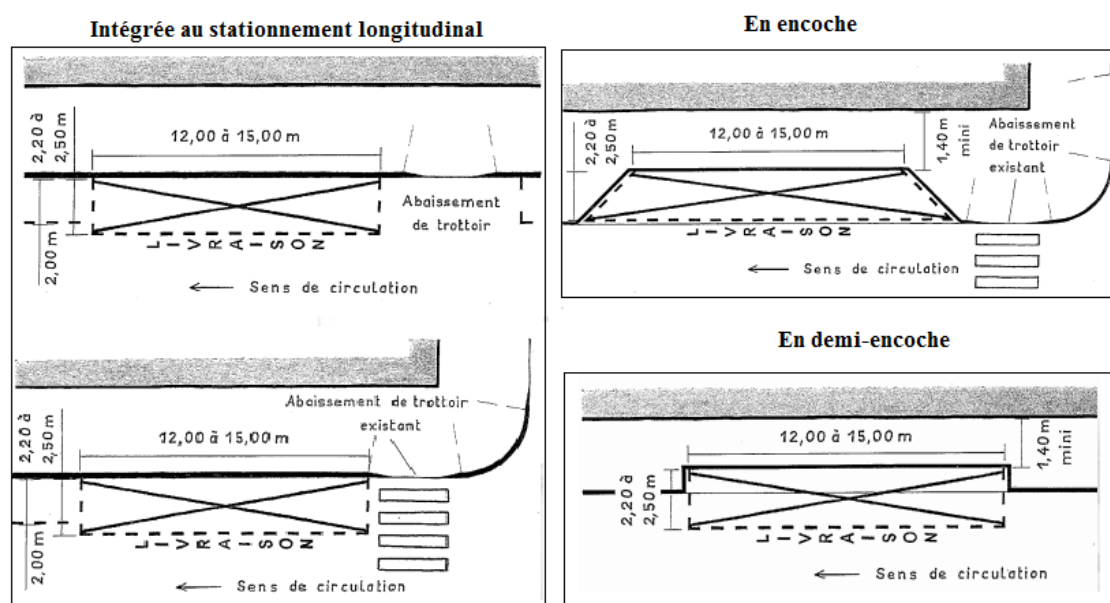


Figure 9. Schéma des emplacements possibles des aires de livraison (Reynaud, 2015).

¹⁰ Idem AMDL 2016.

c) Signalisation des aires de livraison

L'aire de livraison est marquée d'une ligne discontinue de couleur jaune barrée par une croix en ligne continue et accompagnée par l'inscription du mot « LIVRAISON » en jaune (Debauche, 2015). Un panonceau est ajouté pour illustrer le stationnement à durée limitée contrôlée « livraison 30 minutes » ou un panonceau « interdit de X h à Y h ». Pour ne pas gêner le livreur durant ces opérations de livraison, le panneau de la signalisation verticale ne doit pas être placée dans le champ de manœuvre du livreur (Laurence, 2013). La figure 10 affiche les types de panneaux de signalisation qui peuvent être déposés à proximité d'une aire de livraison :

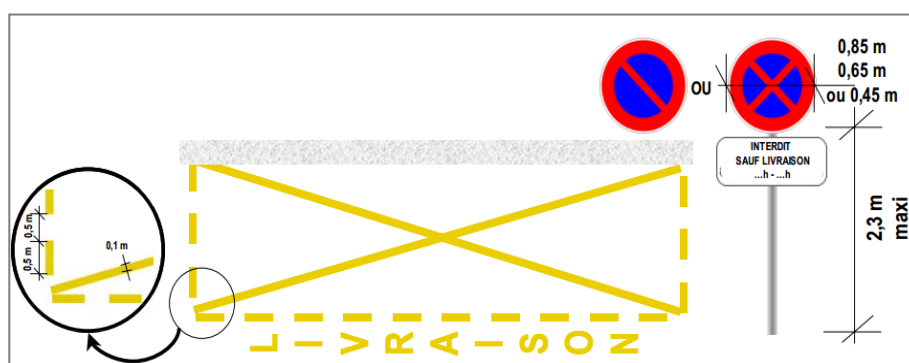


Figure 10. Signalisation d'une aire de livraison¹¹.

3.3. Réglementation & contrôle

La réglementation du fonctionnement d'une aire de livraison se fait principalement à travers la limitation du temps d'arrêt pour effectuer la livraison (Browne et al., 2014). Cette action permet de favoriser un bon partage de l'aire au cours de la journée, d'optimiser l'occupation de l'espace urbain et d'améliorer les conditions de travail des conducteurs-livreurs (Tamayo et al., 2017).

La durée maximale d'utilisation des aires de livraison doit être fixée au niveau local, en fonction d'une analyse des durées moyennes de livraison/la typologie de la voirie (Laurence, 2013). A titre d'information, les collectivités locales peuvent imposer l'utilisation des disques horaires permettant à la fois de limiter le temps d'arrêt des véhicules et de faciliter le contrôle par les agents de surveillance de la voirie publique (Tamayo et al., 2017).

En effet, une gestion rigoureuse accompagnée d'un système de contrôle et de sanction adéquat contribue à améliorer le taux de rotation des aires et permet de corriger les mauvaises habitudes des usagers et professionnels (Reynaud, 2015). L'acte de contrôle d'une aire de livraison consiste à vérifier si le véhicule présent sur l'aire est un véhicule destiné à effectuer un chargement ou un déchargement de la marchandise et qui respecte la limite horaire de l'utilisation de l'aire (Debauche, 2015).

¹¹ Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA), Les aires de livraison : usages, contrôle et évolutions. Les Cahiers Thématiques de la Logistique Urbaine, 2015, pp 1-6.

II. Logistique urbaine dans la stratégie nationale pour le développement de la logistique au Maroc

1. Structuration de la logistique urbaine au Maroc

1.1. Vision stratégique de la logistique urbaine

Au Maroc, le développement du secteur de la logistique apparaît comme une priorité stratégique pour parachever le processus de renforcement de la compétitivité de l'économie marocaine dans les secteurs de l'équipement et des transports. Afin de relever ce défi, le gouvernement a adopté une stratégie pour le développement de la logistique, actée par la signature d'un contrat programme sur la période 2010-2015 pour un déploiement complet des différentes mesures et actions relatives à cette stratégie à l'horizon 2030¹². La stratégie ainsi définie vise à donner un élan au développement du secteur de la logistique, à apporter les solutions adéquates aux problèmes de gestion des flux de marchandises et à répondre aux besoins logistiques des différentes stratégies sectorielles lancées ou en cours de mise en œuvre au niveau national.

L'optimisation de la logistique urbaine recouvre une importance vitale pour le développement de la compétitivité logistique du pays globalement mais aussi pour le développement et l'attrait des communes urbaines. Ce chantier revêt un caractère prioritaire pour la mise en œuvre du contrat d'application « Optimisation et la massification des flux de marchandises » représentant l'un des axes de la stratégie nationale du développement de la logistique¹³.

Fort de ce constat, l'Agence Marocaine du Développement de la Logistique (AMDL) a lancé en 2014 une étude sur la structuration de la logistique urbaine au Maroc¹⁴. L'objectif étant de définir une vision à long terme pour le développement d'une stratégie pertinente et cohérente acceptable par l'ensemble des parties prenantes et déclinable en plans d'actions opérationnels à moyen et court termes. Dans le cadre de cette étude, un programme national a été préparé sur la période 2016-2021 afin d'instaurer au sein des villes marocaines des pratiques logistiques optimisées et de mettre en place des infrastructures et équipements adaptés.

1.2. Axes de la stratégie nationale de structuration de la logistique urbaine

La stratégie nationale de structuration de la logistique urbaine s'articule autour de cinq volets¹⁵. Autour de ces volets majeurs est proposé un ensemble de projets¹² (Tableau 3):

¹² Ministère de l'équipement, du transport et de la logistique, La stratégie logistique au Maroc, Bilan et perspectives de développement, Juin 2016.
http://www.amdl.gov.ma/amdl/wp-content/uploads/2017/01/Bilan_logistique_VF_21_06_16.pdf

¹³ Ministère de l'équipement et des transports, Stratégie nationale de développement de la compétitivité logistique, Synthèse de la stratégie et du Contrat-Programme 2010 – 2015.

¹⁴ Idem AMDL 2016

¹⁵ AMDL, Etude pour la structuration de la logistique urbaine - Casablanca, état des lieux et perspectives, Logismed, 12, 13, 14 Mai 2015

Tableau 3. Les projets de la stratégie nationale de la logistique urbaine au Maroc

Volets	Actions/Projets
Organisation de la circulation et du stationnement des véhicules de transport de marchandises en ville	• Organisation du stationnement des véhicules de livraison par le biais de l'aménagement progressif des aires de livraisons ; • Organisation de la circulation des marchandises notamment à travers la définition et la mise en place d'une réglementation locale spatiale et temporelle adaptée ; • Renforcement du contrôle du transport de marchandises en ville.
Structuration des acteurs de la logistique urbaine	• Mise en place un système de labellisation des professionnels du transport de marchandises en ville ; • Organisation du transport léger < 3.5 tonnes ; • Accompagnement des acteurs de la logistique urbaine pour l'amélioration de leur performance.
Modernisation de la flotte et des équipements de la logistique urbaine dans la ville	• Modernisation des équipements des professionnels de la logistique urbaine ; • Modernisation des équipements et outils de gestion publique des circuits de marchandises.
Renforcement de l'offre en infrastructure de logistique urbaine	• Développement de centres de transporteurs • Développement de projets d'espaces logistiques urbains ; • Renforcement du respect de la réglementation en matière de sécurité et d'hygiène des espaces logistiques
Développement des outils de pérennisation de l'optimisation de la logistique urbaine dans la ville	• Création des instances de concertation et de pilotage ; • Encouragement des initiatives locales de Recherche & Développement ; • Mise en place d'un dispositif de veille dédié ; • Intégration de la logistique urbaine dans les documents de planification des villes.

2. Cadre de développement du TMV dans la stratégie de structuration de la logistique urbaine

Ce paragraphe vise à mettre en lumière et à présenter le portefeuille projets développé, dans le cadre de la stratégie nationale de structuration de la logistique urbaine, pour l'amélioration du TMV. Ce portefeuille projets comprend les actions suivantes^{14, 15} :

- *Organisation du stationnement des véhicules de TMV* : à travers l'aménagement progressif des aires de livraisons notamment pour optimiser l'utilisation de la voirie, réduire les conflits entre usagers et améliorer les conditions de travail des professionnels du transport de marchandises en ville (gain de temps, meilleure accessibilité des commerces, etc.). Ce programme prévoit l'aménagement de 1000 aires de livraison et s'étale à l'horizon 2021.
- *Organisation de la circulation des marchandises* : à travers l'élaboration des plans de circulation des marchandises au niveau des principales villes marocaines et la définition d'une réglementation locale spatiale et temporelle adaptée aux spécificités des différents territoires.
- *Développement des centres de transporteurs* : il s'agit des espaces dédiés aux poids lourds en ville fournissant des services permettant aux professionnels de stationner et de procéder éventuellement à la maintenance de leur véhicule lorsqu'ils ont besoin avant de desservir la ville ou d'y transiter.
- *Développement de centres de distribution urbains* : il s'agit d'un point de rupture de charge en milieu urbain qui repose sur le principe de massification des flux de marchandises et

l'optimisation du taux de remplissage et des tournées de véhicules à destinations des zones urbaines denses, en particulier en centre ville.

- *Développement d'espaces logistiques de proximité* : Il s'agit un espace d'arrêt et de manutention destinée à la livraison de marchandises auprès d'établissements voisins (dans un rayon d'environ 200 mètres). C'est une solution permettant de faciliter le processus d'entrée des marchandises dans un secteur urbain congestionné.
- *Renforcement du contrôle du transport de marchandises en ville* : à travers la formation des agents de contrôle de la circulation des véhicules du TMV dotés de moyens et d'équipements adéquats. L'objectif étant d'améliorer le respect des règles de transport par les professionnels et de limiter les pratiques de stationnement anarchiques en ville.

La contribution de ce travail de recherche fait partie donc du premier volet de la stratégie nationale de structuration de la logistique urbaine, en particulier celui de « L'organisation du stationnement des véhicules de livraison par le biais de l'aménagement progressif des aires de livraisons » qui fera l'objet du chapitre 3. Au terme de cette délimitation du champ d'analyse du TMV, il est important de signaler que la complexité des opérations et les objectifs antagonistes font du TMV un sujet de controverse. Ce qui en fait un problème difficile à résoudre car il s'agit de trouver les meilleurs compromis entre les acteurs pour envisager des solutions d'amélioration du TMV à l'échelle d'une agglomération. Dès lors, un spectre des modèles et des solutions expérimentales du transport de marchandises en ville et des outils d'aide à la décision sera dégager dans la partie suivante.

III. Modélisation du Transport de Marchandises en Ville : Revue de littérature

1. Modèles du Transport de marchandises en Ville

1.1. Spécificité de la modélisation du TMV

Un modèle est une représentation ou transcription simplifiée d'une réalité concrète, qui joue le rôle d'un prototype permettant de réaliser des essais d'amélioration sur un système, compte tenu de l'état technologique et organisationnel dans lequel il se trouve et de la vision que l'on peut visuellement en avoir (Gonzalez-Feliu, 2013). Le modèle doit être calibré, validé et vérifié en étant confronté à des données ou à une situation précise (Ducret, 2014).

Plusieurs paramètres peuvent être utilisés pour expliquer la diversité des modèles des chaînes de logistique et transport, qui peuvent être regroupés en cinq catégories : le niveau de décision, la structure de la chaîne, le processus modélisé, le regard et la nature du problème traité (Francois, 2007). Chaque modèle est lié à la vision que son modélisateur a eu. Il peut viser l'évaluation de la performance et l'optimisation, la sécurité routière, l'amélioration de l'accessibilité, le développement urbain, l'implantation d'infrastructures, etc (Ambrosini et al., 2013).

1.2. Typologie des approches de modélisation du TMV

La littérature en matière d'approches de modélisation du TMV est abondante vu la forte variabilité de leurs caractéristiques. Ces approches peuvent être classés en : approches analytiques, organisationnels, spatiales, économétriques, de prévision de la demande et de simulation (Lagorio et al., 2016).

a) Approche organisationnelle

Les approches de modélisation organisationnelle sont des modèles qui découlent de la théorie générale des systèmes (Akoudad & Jawab, 2015). Ces modèles représentent les chaînes de logistique et transport à partir de leurs entités, activités, processus, fonctions, structures et comportements (Ibn El Farouk et al., 2014). Les principales approches de modélisation qui aperçoivent l'organisation sont regroupées en deux catégories : les approches hiérarchiques (structuré et systémique) et les approches hétérarchiques (par processus). Le tableau 6 présente une synthèse des méthodes de l'approche organisationnelle ainsi que leurs logiciels d'optimisation (Moufad & Jawab, 2016a).

- *Approche structurée*: permet d'analyser graphiquement et d'une manière agencée l'aspect fonctionnel d'un système. Elle consiste à décomposer le système en sous-systèmes et à étudier ses processus, sous forme de modèle hiérarchique, en identifiant les activités, leurs éléments d'entrées, de sorties et de contrôles (Akoudad & Jawab, 2015).
- *Approche systémique* : Pour le cas du TMV, l'approche systémique reste plus utilisée par rapport aux autres approches organisationnelles (Delaître, 2008). Il s'agit d'une approche basée sur le principe d'interaction entre les éléments du système et l'analyse des flux. Chaque système se délite en sous-systèmes, qui se composent aussi d'un système de pilotage, à qui affère les décisions stratégiques, et la gestion du système d'information. Ainsi qu'un système opérant qui traite les affaires au niveau élémentaire (par exemple : facturation, commande, ordonnancement....).
- *Approches processus* : dans cette approche, l'analyse du système repose sur les processus qui le composent. L'appoint de l'approche processus figure dans la considération les aspects de communication et d'autonomie entre les sous-systèmes qui composent un organisme (Ibn El Farouk et al., 2014).

Tableau 4. Méthodes organisationnelles & leurs logiciels d'optimisation (Moufad & Jawab, 2016a)

Méthodes utilisées			Logiciels de modélisation
Hiérarchique	Structurée	DFD	TDC Need; Windesign
		SADT	TDC Need
		IDEF0, 2, 3	Enterprise Architect ; Windesign
		SA-RT	Enterprise Architect ; BPMN+
		Réseau de pétri	iGrafx PROCESS ; Bizagi Process Modeler
		Les files d'attente	iGrafx PROCESS
		ACNOS	BPMN+ ; ROK solution
		Diagramme Gant	Bizagi Process Modeler
	Systémique	Merise	JMerise
		CIMOSA	Allfusion Process Modeler
		GRAI	Activiti ; Signavio Process Editor
		GIM	Signavio Process Editor
		GERAM	Activiti ; Casewise corporate modeler
		PERA	Activiti
Hétérarchique	Processus	SCOR	MEGA Process ; Activiti ; Workey designer; Signavio Process Editor
		BPMN	ADONIS ; Activiti ; QUALIGRAM
		EPC	Activiti ; Workey designer
		GULMOUR	Allfusion Process Modeler ; Casewise corporate modeler
		ASLOG	MEGA Process ; Workey designer
		EVALOG	MEGA Process ; Workey designer

b) Approche économétrique & statistique

Les modèles économétriques, utilisés pour estimer la sensibilité (ou l'élasticité) de la demande de transport de marchandises par rapport au PIB, sont basés sur des variables socio-économiques choisies de façon appropriée (Antoniazzi, 2011). Les modèles utilisant des séries temporelles reposent sur une relation intuitive et agrégée entre la demande de transport de marchandises et le PIB (ou la production industrielle). Par ailleurs, les modèles à élasticité variable estiment que la sensibilité de la demande de transport de marchandises par rapport à la production industrielle est variable.

c) Approche analytique

Cette approche permet de décrire le système par un ensemble d'équations mathématiques régissant son fonctionnement (Francois, 2007). Deux sous approches se présentent au niveau de cette catégorie: la théorie du contrôle qui utilise des équations différentielles afin d'appréhender sa dynamique dans le temps ; et la recherche opérationnelle, qui vise à élaborer les meilleures décisions en fonction d'un ou plusieurs critères tout en respectant les contraintes du système modélisé (Gonzalez-Feliu, 2013; Eksioglu et al., 2009; Kim et al., 2015). Les méthodes de résolution de ces modèles peuvent être scindées en deux typologies. D'un côté, les méthodes exactes qui garantissent de trouver la meilleure solution, de l'autre, les heuristiques et Métaheuristiques qui offrent des solutions approchées (Comelli, 2008; Crainic et al., 2009). Le tableau 5 présente une synthèse des méthodes de l'approche analytique ainsi que leurs logiciels d'optimisation :

Tableau 5. Méthodes analytique, et leurs logiciels d'optimisation (Moufad & Jawab, 2016a)

Méthodes utilisées		Logiciels de modélisation	
Exactes	La méthode Séparation et Evaluation	AIMMS, AMPL, Analytica, optimization Toolbox	
	La méthode de coupes et de séparation	ABACUS, AIMMS, AMPL, A Branch-And-Cut System,	
	La méthode de coupes planes	SCIP, AIMMS	
	La méthode de génération des colonnes	HOPDM, AIMMS, FICO Xpress,	
	Programmation dynamique	ModeFRONTIER, LINDO, AIMMS, CPLEX, OptimJ	
	Simplexe	LINDO, COIN-OR, MPS, CPLEX, GNU Linear Programming Kit, DIDO, MINOS	
Approchées	Heuristique	de construction	OptaPlanner
		à 2-phases	GAUSS, PROPT
		D'amélioration	EasyLocal++, ParadisEO, INCOP
	Métaheuristiques	Recuit simulé	CPLEX, MINOS
		Algorithmes d'acceptation avec seuil	Localizer++, INCOP, SAS, iOpt
		Méthode du bruitage	Localizer++, ParadisEO
		Méthode GRASP	Localizer++, INCOP
		Méthode Tabou	Localizer++, Paradiseo, iOpt
		Algorithme génétique	Jgap, iOpt, Galib
		Programmation évolutive	KNITRO, PISA, MAFRA, GenocopIII, DREAM
		A recomposition de chemin	GenocopIII, DREAM
		Colonies de fourmis	ParadisEO
		l'optimisation par essaim particulaire	ParadisEO
		La méthode de recherche distribuée	OptQuest
		Méthode de descente	MAFRA
Algorithme hybrides	Optimus platform,		

d) Approche par simulation

La simulation est généralement utilisée lorsqu'il est difficile de trouver une relation (une équation) entre différentes variables et ne pouvant donc pas se mettre sous la forme d'un modèle analytique (Jlassi et al., 2017). Les techniques de simulation peuvent être classées en quatre types (Karakikes & Nathanail, 2017; Comi & Nuzzolo, 2014; Oliveira et al., 2014) : Les tableurs, la simulation continue, la simulation à événement discret, et les jeux d'entreprise. Le Tableau 6 constitue une synthèse des méthodes de l'approche par simulation ainsi que leurs logiciels de modélisation. Une réflexion plus approfondie sur la simulation dynamique sera évoquée dans le chapitre 4.

Tableau 6. Méthodes de simulation, et leurs outils informatiques (Moufad & Jawab, 2016a)

Méthodes utilisées		Logiciels de modélisation
Tableur		20-sim
Continue	Simulation Dynamique	Stella, Dynasim, AnyLogic, SimTraffic, ModelMaker
	Réseaux de Pétri continus	20-sim, Ps-i
	Bond graphs	20-sim, FlexSim,
Événement discret	Orientée objet	Automod, Taylor II, StarLogo, HLA
	Orientée agent	Brahms, SeSAM, Simula, SLAM, GPSS/H
	Orientée acteurs	Mystrategy, Simio, SIMAN
Jeux d'entreprise	Statiques non coopératifs	Optigest, Simulgest
	Dynamiques	CORBA
	Coopératifs	Optigest, Simevents
	Avec information asymétrique	Shadow Manager, CORBA

e) Approche spatiale

La modélisation spatiale ou encore la modélisation interactive transport-usage de sol est un processus de traduction des dynamiques et logiques spatiales par un langage formel ou mathématique nécessitant des programmes informatiques (Ducret, 2014). Elle permet d'évaluer les interactions réciproques entre l'organisation du territoire et la distribution urbaine. Les données utilisées dans cette approche ciblent préférentiellement des indices se rapportant au véhicule, à la marchandise, au nombre de tournées, au coût par tournée, au niveau d'émission de tel ou tel polluant, etc. (Pumain et al., 2015).

f) Approche basée sur la prévision de la demande

Parmi les modèles analysant la demande de transport de marchandises, on retrouve :

- *Le modèle à quatre étapes* : très souvent utilisé dans la modélisation de la demande de transport (Brunel, 2007). Il se décompose en quatre étapes. Deux phases de génération déterminant le volume de déplacements et leur origine et destination, troisième phase pour la répartition modale des déplacements, et une quatrième phase affecte les déplacements sur les réseaux de transport (Antoniazzi, 2011). Ce modèle permet à la fois d'analyser la demande à l'échelle d'une agglomération et d'évaluer les conséquences prévisibles sur tel ou tel secteur de réseaux de transport. Il permet notamment d'évaluer l'utilité d'une infrastructure ou d'un changement d'exploitation.
- *Le modèle input-output de Leontief* : Dans le cas du transport, ce modèle est utilisé sous la version régionalisée: le modèle Multi Regional Input Output (MRIO) défini par Chenery et Moses (Antoniazzi, 2011). Il permet de reproduire efficacement les choix des opérateurs de transport de marchandises en considérant le poids de l'organisation logistique et d'évaluer l'impact des politiques et mesures dans le secteur du transport des marchandises, en particulier leur impact territorial et économique (Brunel, 2007).

a) *Les Modèles du choix modal* : ces modèles se présentent en deux types. Les modèles de type *Consignement* basés sur les caractéristiques de l'envoi pour estimer le choix le plus probable de mode de transport et les modèles de type *Logistic* prenant en compte les caractéristiques logistiques du chargeur et d'autres paramètres dans la fonction d'utilité globale (tel que la taille de l'envoi, la fréquence de l'expédition, etc.) (Ducret, 2014).

1.3. Essai de classement des approches de modélisation du TMV

Dans le Tableau 7, nous proposons un classement des différentes approches de modélisation du TMV détaillées précédemment. Nous avons décliné ainsi chacune de ces approches en catégories et sous-catégories et nous avons décrit les caractéristiques, les inconvénients et les avantages de chacune d'entre eux.

1.4. Grille de lecture des travaux de modélisation du TMV

Nous allons dresser une grille de synthèse (Tableau 8) des travaux de modélisation du TMV en fonction de la nature du problème traité, le niveau de décision, l'objectif du modèle et les méthodes de résolution proposées dans ce cadre.

Au terme de cette revue, on peut conclure qu'au niveau de la littérature traitant cet aspect, les modèles analytiques, qui abordent les problèmes en général par recherche opérationnelle, sont les plus courants. Suivi par simulation dans laquelle la modélisation en dynamique des systèmes est la plus utilisée. Concernant, l'approche organisationnelle, on retrouve les modèles systémiques qui sont utilisés dans la modélisation du TMV pour l'aide à la décision. C'est le cas du modèle GRAI pour la modélisation des systèmes décisionnels. Ainsi, on peut constater l'émergence d'une autre approche qui ouvre un certain nombre de réflexions sur l'opportunité d'une modélisation spatiale du fret urbain, et sur les formes d'intégration du territoire dans la modélisation du TMV.

En outre, cette étude bibliographique démontre aussi le manque de modèles d'optimisation définissant une vision globale du TMV. On remarque que chaque modèle traite un aspect ou une facette du TMV. Or ce système peut être vu de plusieurs façons et selon des dimensions différentes : économique, sociale, environnementale, etc. Afin de concevoir un modèle toutes ses facettes doivent être prises en compte. Un développement indépendant pourrait nous interpellé quant à la validité du modèle au niveau global. De ce fait, Une transversalité s'impose pour pouvoir identifier les interdépendances et éviter les contradictions qui surviennent lors d'une analyse parallèles de chaque domaine. Par conséquent, plusieurs travaux utilisent différentes approches de modélisation conjointement pour avoir ainsi une approche hybride de modélisation et aboutir à de bons résultats.

Tableau 7. Typologie des modèles de transport de marchandises en ville (Moufad & Jawab, 2016a)

	Catégories	Sous-catégories	Caractéristiques	Avantages	Inconvénients
Economé- trique	Série temporelle	-	Analyse longitudinale des données	Facilité d'implémentation, capacité de prédiction	Ne permet pas l'analyse de la demande en transport
	Elasticité variable	-	Analyse des variables qui influencent la demande transport	Approche multimodale, résultats rapides	Fiabilité très limitée
Organisationnelle	Hiérarchique	Structuré	Représentation des chaînes de logistique et transport à partir de leurs entités, activités, processus, fonctions, structures et comportements	Analyser graphiquement et d'une manière agencée l'aspect fonctionnel d'un système.	Limitée lorsqu'il s'agit de représenter la dynamique d'un système et ses relations
		Systémique		Approche basée sur le principe d'interaction entre les éléments du système et l'analyse des flux.	Limité à la modélisation des systèmes décisionnels
	Hétérarchique	Processus		Considération des aspects de communication et d'autonomie entre les sous-systèmes qui composent un organisme	Ne prend pas en considération l'aspect dynamique du système
Spatiale	Flux	Equilibre des flux	Optimisation mathématique des flux pour un coût minimum	L'analyse de l'offre de la demande et des interactions des flux sur le réseau	Complexe et difficile d'implémentation parce qu'il demande beaucoup de données
	Equilibre des prix	Equilibre des prix	Cherche le point d'équilibre des prix entre l'offre et la demande		
	Entropie	Equilibre statistique	Cherche les flux qui maximisent l'entropie de la ville		
	Equilibre	Equilibre économique	Combinaison des deux premiers		
Demande	Demande agrégée	4-étapes	Application du modèle en 4 étapes sur les flux de marchandises	Connaissance approfondie car beaucoup d'expériences en transport de passagers	La demande en fret est très complexe que la demande des passagers, cette catégorie n'est pas toujours pertinente
		Entrées /Sorties	Utilisation des coefficients entrées/sorties pour déterminer la génération de la demande	Facilité d'implémentation	Même remarque que les séries temporelles
	Demande désagrégée	Choix modal	Analyse des choix de mode	Utilisation des modèles discrets	Limité dans un contexte urbain
Analytique	Recherche Opérationnelle	Exactes	décrire un système par un ensemble d'équations régissant son fonctionnement.	Garantir de trouver la meilleure solution	instance de taille finie dans un temps limité
		Approchées	Identifier des solutions approchées	Bon compromis entre le temps de calcul et la qualité de la solution	ne garantissent pas de trouver une solution exacte, mais seulement une approximation
Simulation	Continue	Dynamique des systèmes	Analyse et simulation des rétroactions du système. Evolution temporelle du système par des équations différentielles	Analyse des événements imprévisibles,	Nécessité de beaucoup de variables. La quantification des liens entre les variables peut être floue

Tableau 8. Synthèse des travaux de recherches (Moufad & Jawab, 2016a)

Travaux de recherche	Critères	Approche	Objectif	Niveau de décision	Nature du problème
Modélisation dynamique du trafic et de transport de marchandises en ville : vers une approche combinée (Lopez, 2017)		Analytique & Simulation dynamique	Planification	Tactique & opérationnel	Continue
Simulation of Mutualized Urban Logistics Systems with Real-time Management (Makhloufi et al., 2015)		Analytique	Optimisation	Opérationnel	Continue
Le problème du dernier kilomètre à Paris intra-muros. Introduction du paramètre environnemental dans la réservation d'aires de livraison (Ramoneda Cuenca, 2014)		Empirique	Planification & Développement urbain	Tactique	-
Nouvelles organisations de la distribution urbaine des colis sur le dernier kilomètre : innover par une approche spatiale (Ducret, 2014)		Spatiale	Planification	Stratégique	Continue
Solving Strategic and Tactical Optimization Problems in City Logistics (Gianessi, 2014)		Analytique	Optimisation	Stratégique et tactique	Continue
Modèles et méthodes pour la logistique urbaine: les problèmes de tournées de véhicules à deux échelons (Gonzalez-Feliu, 2013)		Analytique	Optimisation planification de réseau	Tactique & opérationnel	Continue
A design methodology for scenario-Analysis in urban freight modelling (Ambrosini et al., 2013)		Simulation	Planification	Tactique & opérationnel	Continue
Urban Freight Transport Demand Modelling: a State of the Art (Comi et al., 2012)		Analytique	Optimisation	Stratégique et tactique	Discret
Optimisation des flux logistiques: vers une gestion avancée de la situation de crise (Kaddoussi, 2012)		Analytique	Optimisation	Stratégique	Déterministe
Comprendre les chaînes de déplacements pour l'approvisionnement des ménages : une approche empirique (Gonzalez-Feliu et al., 2012)		Empirique	Planification	-	-
Modeling Urban Goods Movement: How to be Oriented with so Many Approaches (Gonzalez-Feliu & Routhier, 2012)		Analytique	Planification de réseau	Tactique	Discret
Modélisation pour la localisation de plateformes logistiques pour le transport de marchandises en ville (Guyon et al., 2011)		Analytique	Implantation d'infrastructures planification de réseau	Stratégique et tactique	Continue
Plates-formes en centre ville pour la Logistique Urbaine: étude sur la ville de Marseille (Guyon et al., 2010)		Analytique	Optimisation & planification	Stratégique et tactique	Continue
Planification stratégique pour la logistique urbaine verte (Guyon et al., 2010)		Analytique	Planification	Stratégique	Continue
Models for Evaluating and Planning City Logistics Systems (Crainic et al., 2009)		Analytique	Optimisation	Tactique	Discret
Méthodologie pour optimiser le transport de marchandises en ville. Application aux villes moyennes et dans le cadre de l'agglomération de la Rochelle (Delaitre, 2008)		Analytique & organisationnelle	Optimisation planification de réseau	Stratégique et tactique	Discret
Planification des chaînes logistiques : modélisation du système décisionnel et performance [François, 2008]		Analytique & simulation	Planification	Stratégique	Stochastique
Prévoir la demande de transport de marchandises à long terme (Brunel, 2007)		Econométrie	Planification	Stratégique	Continue
Modélisation des transports de marchandises en ville, FRETURB : une expérience française (Routhier, 2007)		Simulation	Planification	Tactique	Continue
Impact of Freight Transport Costs and Pricing on Logistical Systems : A System Dynamics Modeling Approach (The SANDOMA Model) (Gacogne et al., 2004)		Simulation (dynamique des systèmes)	Mesure de performance	Stratégique	Stochastique

2. Solutions expérimentales

Depuis quelques années, plusieurs initiatives et projets ont été lancés pour pallier aux problèmes du transport de marchandises en milieu urbain. Ces expériences ont permis, entre autre, une meilleure connaissance de la réalité et des enjeux de ce domaine.

2.1. Projets d'amélioration du TMV

De nombreux projets ont été réalisés dans l'optique d'amélioration du TMV. Ces projets se sont succédé, tous en apportant la continuité d'une volonté et d'une démarche pour améliorer la logistique urbaine et la qualité de vie des zones urbaines (Patier & Toilier, 2012). A partir d'une recherche bibliographique, nous avons élaboré le Tableau 9 qui décrit ces différents projets.

Tableau 9. Présentation de quelques projets de TMV (Moufad & Jawab, 2016a)

Projet	Description
Best Urban Freight Solutions : BESTUFS I (2000-2004); BESTUFS II (2004-2008)	Il s'agit d'un programme permettant de promouvoir les solutions les plus satisfaisantes, d'identifier et de diffuser les pratiques exemplaires pour le fret urbain. Il traite les thèmes relatifs au accès et chargement/déchargement des véhicules dans les villes ; des solutions pour le dernier kilomètre ; et les questions liées aux centres de distribution urbaine. Pour plus de détail voir le site : www.bestufs.net
CIVITAS I, II (2002, 2013)	Il s'agit d'un programme qui porte sur l'utilisation des véhicules propres ; stratégie de gestion de la demande basée sur la restriction d'accès aux zones de centre-ville ; les nouveaux concepts de distribution de marchandises et les systèmes intégrés de gestion d'information. Pour plus de détail voir le site : www.civitas-initiative.org
Sustainable Urban Good logistics Achieved by Regional and local policies : SUGAR (2007, 2013)	Il s'agit d'un projet qui vise à répertorier et analyser les expériences qui ont été mises en place dans les différents pays européens en matière de logistique urbaine en fonction de plusieurs critères (les conditions de réalisation, les coûts, les acteurs impliqués) afin d'en déterminer les conditions de transférabilité à d'autres sites. Pour plus de détail voir le site : www.sugarlogistics.eu
FREILOT	Il s'agit d'un projet pilote en Europe qui a été lancé en 2011 dans quatre villes (Bilbao, Lyon, Krakow, Helmond) et qui vise trois principaux objectifs (Patier & Toilier, 2012) : Accroître l'efficacité énergétique des transports routiers de marchandises ; Partager et disséminer l'expérience liée aux expérimentations réalisées ; Accroître l'implication des opérateurs de fret des villes et les autres décideurs ;
CityMove (2010, 2012)	Il s'agit d'un projet qui a impliqué différents opérateurs : industriels, institutionnels et laboratoire de recherches. Il vise à construire un véhicule urbain de livraison respectant les conditions de motorisation, d'ergonomie et de sécurité de conduite (Patier & Toilier, 2012).
Logistique Urbaine Mutualisée Durable : LUMD (2008, 2012)	C'est un projet qui vise à répondre aux enjeux et la complexité du TMV à travers la mutualisation des flux logistiques. Il s'agit d'améliorer de manière considérable la livraison /enlèvement des marchandises en zone urbaine, en apportant des solutions autour de trois axes : Optimiser les schémas de développement urbain en intégrant les besoins actuels et futurs de mobilité du fret ; Répondre aux nouvelles exigences et réglementations liées au développement durable ; Offrir le meilleur service de livraison aux commerces et aux particuliers (Delaître, 2008; Patier & Toilier, 2012).

2.2. Synthèse des bonnes pratiques

Dans le présent paragraphe, nous avons relevé les « bonnes pratiques » des différents pays permettant de répondre aux défis du transport des marchandises en ville. Le Tableau 10 résume diverses pratiques qui font preuve de l'importance accordée à la gestion des flux dans les centres urbains (Dablanc et al., 2013 ; Gonzalez-Feliu, 2013). Comme le montre ce tour d'horizon, le TMV est une problématique très variée. La réalité montre que les mesures ponctuelles, planifiées et mises en œuvre par les seules collectivités locales ne suffisent généralement pas pour développer un système durable de transport de marchandises en ville. Il faut un cadre d'action national dont l'objectif général est le transport durable de marchandises en ville.

Tableau 10. Synthèse des bonnes pratiques pour le TMV (Moufad & Jawab, 2016a)

	Allemagne	Japon	Etats-Unis	Pays-Bas	Corée	France	Belgique	Royaume-Uni	République tchèque
Restrictions d'accès	*			*		*	*	*	*
Restrictions de stationnement	*	*					*	*	*
Harmonisation et assouplissement des restrictions		*	*	*		*	*	*	
Aménagement des zones de livraison		*		*		*			
Centres de distribution		*		*		*	*		
Rocades		*	*					*	
Mesures de réduction du bruit des véhicules		*		*				*	
Droits et taxes	*	*					*		
Aide à la recherche et au développement				*		*	*	*	
Diffusion de bonnes pratiques		*		*			*	*	
Couloirs prioritaires/réservés aux poids lourds			*					*	
Utilisation du transport intermodal							*		*
Intégration du transport dans la planification		*			*	*	*		
Utilisation de systèmes de transport intelligents	*	*	*				*	*	
Livraisons de nuit aux détaillants				*		*	*		

3. Outils d'aide à la décision

Outre les différents modèles théoriques développés dans le cadre du TMV, des outils d'aide à la décision sont développés sur l'hypothèse que l'on doit commencer directement à partir des données acquises sur des situations réelles afin de comprendre comment la tâche de fret est mise en œuvre dans le cadre de référence (Patier & Toilier, 2012). Dans cette section, nous nous concentrons sur les principaux outils d'aide à la décision pour le TMV déployés dans les pays développés. Nous sommes conscients que ces outils ne sont pas adaptés au contexte marocain vu la différence des niveaux de développement, mais nous les avons présenté comme référence.

3.1. Présentation des principaux outils d'aide à la décision pour le TMV

a) Freturb

Piloté dans le cadre du programme nationale du TMV en France, Freturb est un outil d'aide à la décision permettant de simuler l'effet du TMV sur le système de transport en termes de congestion et d'environnement (Routhier, 2007). Il s'agit de la simulation des effets de mesures prises à l'échelle d'une agglomération pour une organisation logistique urbaine cohérente et intégrée aux politiques d'aménagement urbain (Morana & Gonzalez-Feliu, 2011). Ce type de modèle fait partie du groupe de modèles dit « Trip- Based », c'est-à-dire que l'unité d'observation est le flux de véhicules (Anand et al., 2012). Il permet de simuler et d'évaluer (Figure 11) : le nombre de livraisons et enlèvements générés par l'activité économique d'une agglomération ; l'occupation de la voirie urbaine par les véhicules de transport de marchandises en stationnement et en circulation ; et la simulation des effets d'actions (système logistique, planification urbaine, réglementation) sur les flux de véhicules de marchandises en ville.

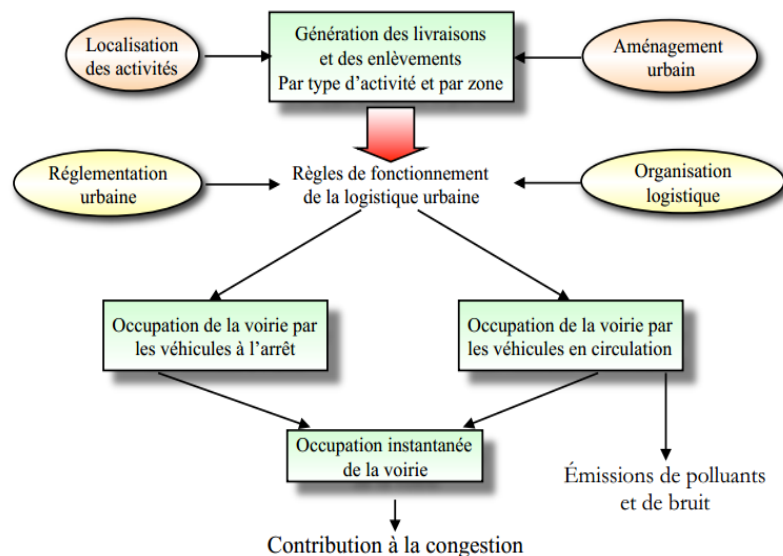


Figure 11. Structure modulaire du modèle Freturb (Routhier, 2007).

b) GoodTrip

Au Pays-Bas, l'outil GoodTrip a été déployé sur la ville de Groningen, pour évaluer le mouvement de marchandises en ville, c'est pourquoi il fait partie des modèles de type « Commodity-Based » (Ducret, 2014). Il est constitué de quatre composantes physiques du TMV : l'organisation spatiale (elle décrit le lieu où les gens vivent et travaillent, où les équipements sont localisés et où les marchandises sont produites et consommées), les flux de marchandises, le trafic et les infrastructures (Delaître, 2008). Basé sur la demande du consommateur, le modèle GoodTrip calcule le volume par type de marchandise en m^3 dans chaque zone. Les flux de marchandises sont déterminés par la distribution spatiale des activités, de l'attractivité et les parts de marché de chaque activité. Ensuite, les flux de marchandises de chaque type sont combinés en employant des probabilités de regroupement (combinaisons, permutations). Chaque combinaison est considérée comme un flux différent. Puis les flux combinés de marchandises sont assignés aux tournées de véhicules. La conversion est faite en termes d'origine destination (O/D) (Crainic et al., 2009). L'activité de l'origine détermine le mode de transport, la capacité de véhicule, le chargement maximum et le nombre des arrêts par tournée. Tandis que l'activité de la destination détermine la fréquence minimale de la livraison (Delaître, 2008). La figure 12 décrit la structure et les étapes de modélisation du modèle GoodTrip :

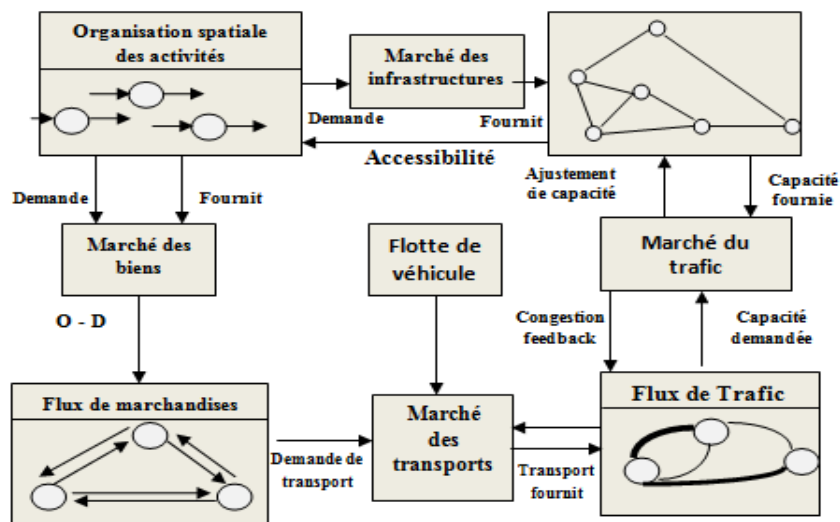


Figure 12. Structure du modèle GoodTrip (Delaître, 2008).

c) WIVER

En Allemagne, le modèle WIVER a été développé sur la base d'enquêtes menées à Berlin, Munich et Hambourg et d'analyses de données (Jlassi et al., 2017). C'est un modèle de simulation orienté sur le comportement qui a pour but de prévoir et de calculer le trafic à caractère commercial dans une ville (Gonzalez-Feliu et al., 2013). En effet, ce modèle différencie dix secteurs d'affaires et quatre types de véhicule : les véhicules privés, les utilitaires de moins de 2,8 tonnes, les camions

entre 2,8 et 7,5 tonnes et les camions de plus de 7,5 tonnes. La figure 13 illustre la structure du modèle WIVER.

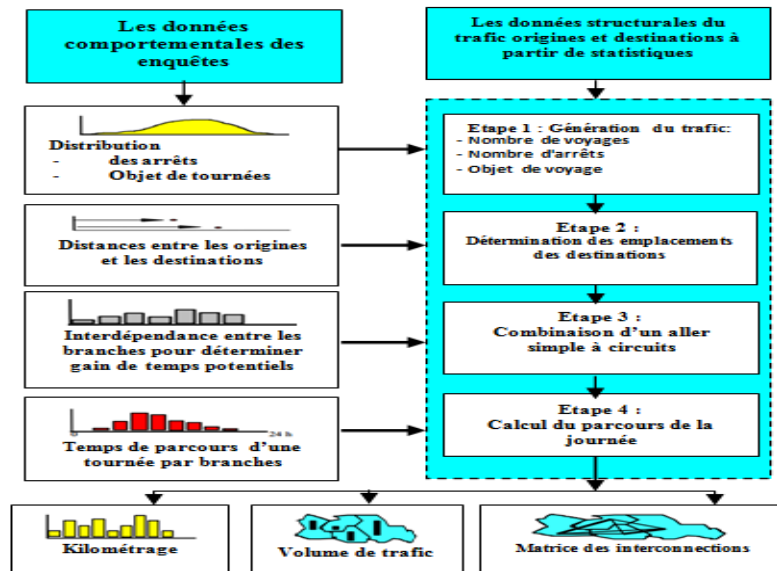


Figure 13. Structure du modèle WIVER (Jlassi et al., 2017)

3.2. Elaboration d'une matrice de comparaison

A l'issue de cette description, nous avons établi la matrice de comparaison (Tableau 11) afin d'amorcer le choix de notre méthodologie de modélisation du TMV. Cette matrice, nous amène à entrevoir des points de similitudes et certaines oppositions entre les outils. En conséquence de quoi, nous pouvons mettre en avant une orientation possible pour la modélisation du TMV. Le modèle proposé doit être à la fois statique pour la relative simplicité de développement et doit prendre en compte la multiplicité des rétroactions des composantes du TMV et leurs effets.

Tableau 11. Grille de comparaison des outils d'aide à la décision du TMV (Moufadi & Jawab, 2016a)

Critère/Modèle	Freturb	GoodTrip	WIVER
Contexte	France	Pays-Bas	Allemagne
Objectif	simuler l'effet du TMV sur le transport en termes de congestion et d'environnement	Evaluer le mouvement de marchandises en ville.	Prévoir et calculer le trafic à caractère commercial dans une ville
Type	Trip- Based	Commodity- Based	Commodity- Based
Unité de modélisation	Simulation orienté sur les flux de véhicules	Simulation orienté sur les mouvements de marchandises	Simulation orienté sur le comportement de marchandises
Contenu	Méthodologies et formalisme	Méthodologies et formalisme	Méthodologies et formalisme
Type de formalisme	Graphique et textuel	Graphique et textuel	Graphique et textuel
Comportement Statique	Oui	Oui	Oui
Comportement Dynamique	Non	Non	Partiel
Fonction de Transformation (entrée ==> sorties)	Oui	Oui	Oui
Flux Physique	Oui	Oui	Oui
Flux d'information	Oui	Oui	Oui
Flux Décisionnel	Oui	Oui	Non

Conclusion

Au terme de ce tour d’horizon, nous constatons que la complexité des opérations et les objectifs antagonistes font du transport de marchandises en ville un problème difficile à résoudre car il s’agit de trouver les meilleurs compromis entre les acteurs pour envisager des solutions d’amélioration du TMV à l’échelle d’une agglomération.

La littérature en matière de modèles et outils d’aide à la décision de TMV est abondante vu la forte variabilité de leurs caractéristiques. Dans la plupart des cas, ces outils sont le fruit de développement des modèles théoriques. Or, la plupart des modèles sont développés à des fins d’optimisation mais ne constituent pas un cadre conceptuel du TMV. Lorsqu’il s’agit d’améliorer le TMV au sens large, ces modèles ne prennent pas en compte le développement des scénarios vis-à-vis les facettes et actions possibles. Fort de ce constat, le modèle proposé doit définir une approche de modélisation assez générique de la performance du TMV afin intégrer tous les leviers et leurs déclinaisons possibles. Cela fera l’objet du chapitre suivant.

Chapitre II :

Conception & validation d'un modèle d'évaluation de la performance du transport de marchandises en ville

Introduction

Dans ce chapitre nous proposons un modèle d'évaluation de la performance du TMV. Nous essayons d'identifier les facteurs déterminants la performance du TMV et de mesurer le degré d'impact de chaque facteur. Cette représentation du système de TMV permet de poser un cadre décisionnel en prenant en compte toutes les facettes du système. La première partie de ce chapitre concernent le cadre d'élaboration du modèle. Dans un premier temps, nous délimitons, à travers une analyse causale, le champ d'analyse du TMV en identifiant les grandes problématiques et mettant en évidence les interactions entre ces éléments. Ensuite, nous construisons le diagramme d'influence qui permet de visualiser les relations causales à l'intérieur du système. Ces deux étapes seront enrichies par une revue de littérature afin de mettre en lumière le contexte de la performance du TMV et d'identifier les facteurs qui peuvent l'influencer. Le résultat de ces trois étapes nous a permis de modéliser, en mobilisant la Grille GRAI, le système du TMV pour dégager les liens décisionnels entre ces facteurs. Par la suite, la grille sera décomposée en hypothèses explicitant les relations d'influences au sein du modèle. La formulation de chaque hypothèse sera basée sur l'ensemble des travaux théoriques l'ayant traité. La deuxième partie de ce chapitre comprend l'étude empirique permettant de tester et de valider le modèle sur le terrain. Pour ce faire, nous avons adopté l'approche de Modélisation par Equations Structurelles (MES) en particulier l'analyse PLS (Partiale Least Squares) qui permet d'évaluer la véracité des hypothèses dans le cas des modèles complexes (Abreu Silva & Alho, 2017). En conséquence de quoi, nous avons mené une enquête auprès des responsables & usagers du TMV de la ville de Fès. Nous avons employé une démarche hypothético-déductive faisons appel à une méthodologique séquentielle de complémentarité entre l'analyse qualitative et à des fins exploratoires et le support de l'analyse quantitative à des fins de confirmation. Le modèle proposé reflète une image du système de TMV particulièrement dans la ville de Fès.

I. Méthodologie d'élaboration du modèle

1. Outils & étapes d'élaboration du modèle

Comme nous avons expliqué précédemment, le TMV constitue un système complexe. Pour cela l'assimilation et la compréhension de tous ce qui se surgit dans le système est nécessaire. Il s'agit

de décrire le système et les interactions entre ses éléments et non de les résumer ou de les synthétiser en indicateurs. Ce qui implique d'adopter une analyse causale.

1.1. Analyse causale du système de TMV

L'analyse causale est une démarche permettant de mettre à plat l'ensemble des éléments d'un système afin d'avoir une représentation ordonnée (Gonzalez-Feliu et al., 2012). C'est une phase indispensable qui enrichit énormément la perception globale du système étudié, en le décomposant en sous-systèmes destinés à être analysés individuellement (Delaître, 2008). Plus on développe l'analyse causale du système de TMV plus on se rend compte de la complexité des éléments qui le composent. Dans le cadre du TMV vu dans sa globalité, les principaux problèmes s'avèrent être la congestion, l'accessibilité, la sécurité et les problèmes écologiques (Lagorio et al., 2016; Morana & Gonzalez-Feliu, 2011). Pour identifier les causes au niveau de chaque problèmes, nous avons opté pour l'outil QQQQCP qui adopte une démarche d'analyse critique constructive basée sur le questionnement systématique (Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?). Cet outil était notre guide lors de l'analyse documentaire des données. Dans les figures suivantes seront détaillées les causes à l'origine de ces quatre constats. Chaque arbre causal est décomposé par niveaux de causes de couleurs différentes. Les feuilles des arborescences sont terminables afin de conserver le caractère générique de la démarche.

Accessibilité :

Les problèmes d'accessibilité rencontrés par le TMV sont pour la plupart dus à :

- ✓ Une insuffisance de l'infrastructure du transport de marchandises en ville : Il existe un manque important de places de stationnement réservées aux opérations de chargement et de déchargement des véhicules de marchandises (Morana & Gonzalez-Feliu, 2011). En outre, même lorsque ces places existent, elles sont souvent occupées illicitement par d'autres véhicules du fait d'une réglementation peu contraignante.
- ✓ Des limitations d'accès : Beaucoup de collectivités locales imposent des restrictions d'accès aux véhicules de marchandises. Elles visent, essentiellement, à maintenir le cadre de vie en réglementant les déplacements des véhicules de marchandises dans le centre-ville. Ces restrictions sont principalement liées aux horaires de livraison, à la taille ou au poids des véhicules (Patier & Toilier, 2012).
- ✓ La saturation du réseau par les autres activités de transport : l'augmentation du nombre de véhicules circulant dans les villes est une autre difficulté majeure pour l'activité de transport de marchandises en ville. Ces phénomènes de congestion créent évidemment aussi des problèmes d'accessibilité pour le transport de voyageurs (Pumain et al., 2015).

La figure 14 décrit l'analyse causale du manque d'accessibilité.

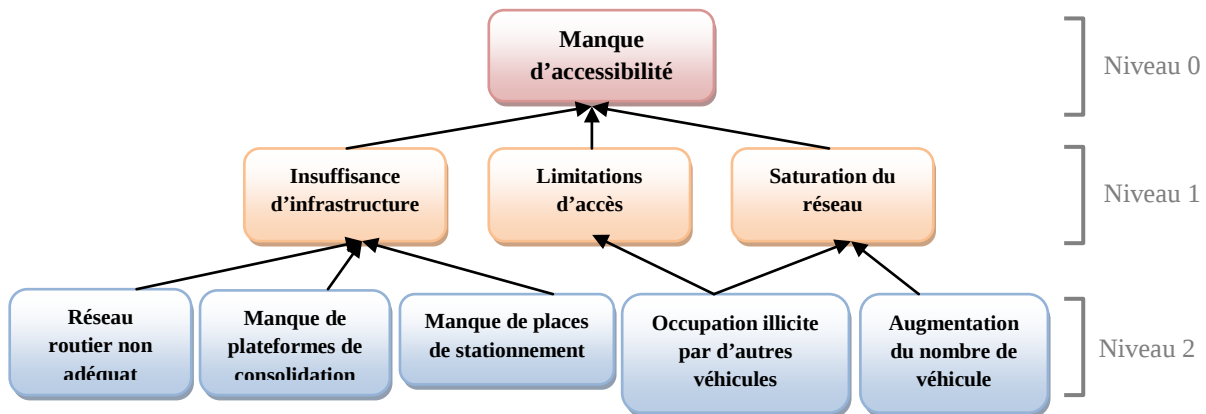


Figure 14. Les causes du problème d'accessibilité (Moufad & Jawab, 2016b)

La sécurité :

Le TMV engendre des problèmes de sécurité puisque les véhicules de livraison, en raison de leurs dimensions, de leur maniabilité et des opérations de chargement/déchargement sur la voie publique, provoquent de nombreux accidents. A savoir, des accidents de la route, mais aussi des accidents de manutention (Tiwari et al., 2016). La figure 15 illustre les causes à l'origine du manque de sécurité.

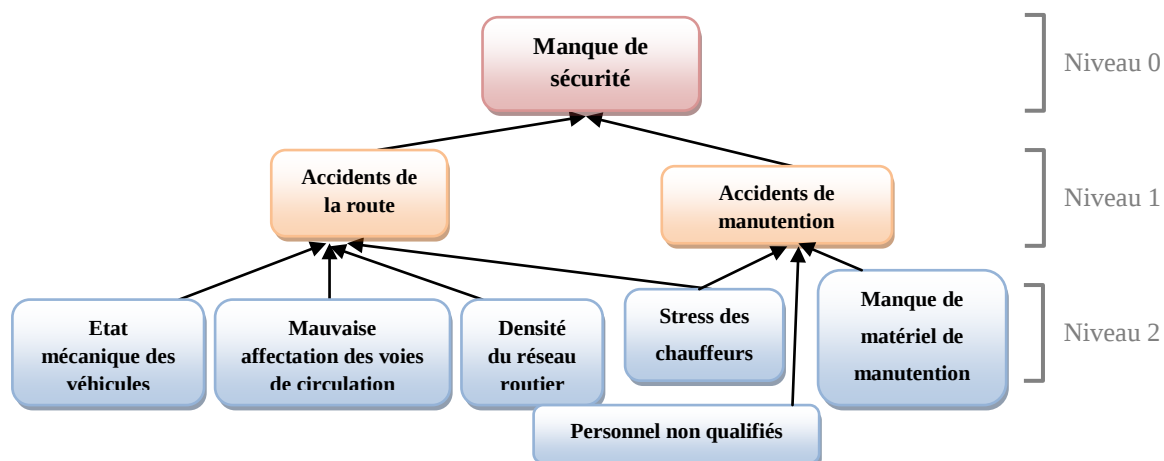


Figure 15. Les causes du manque de sécurité (Moufad & Jawab, 2016b)

Les problèmes écologiques :

Le transport de marchandises contribue considérablement aux problèmes environnementaux, tels que la consommation d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre, les nuisances sonores, ainsi que l'insécurité routière et l'occupation de l'espace (Jami & Kammass, 2013; Piarc, 2016). La figure 16 constitue l'arbre causal des impacts écologiques du TMV.

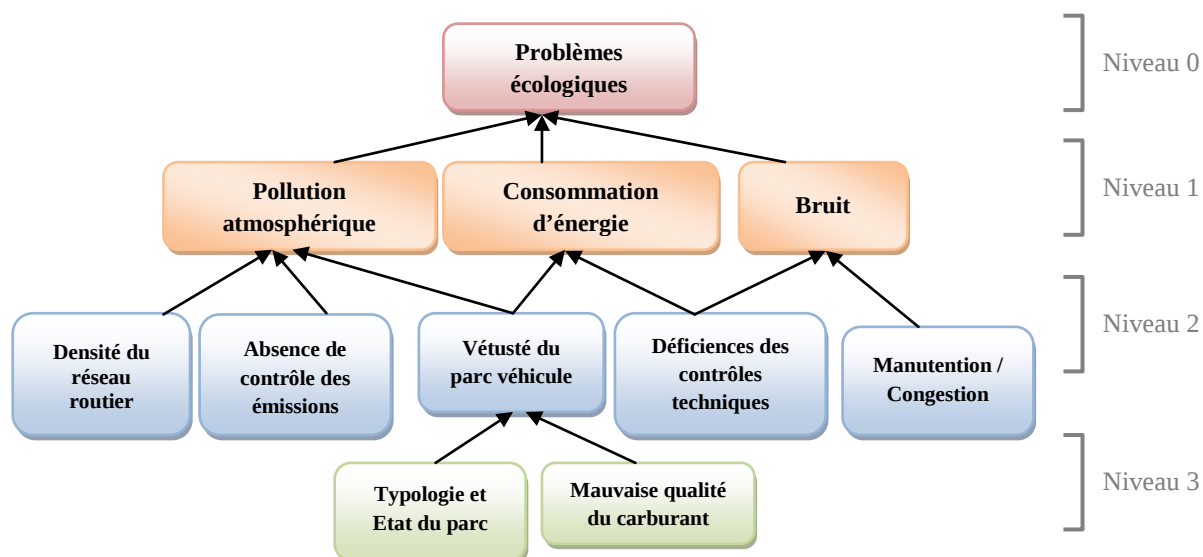


Figure 16. Arbre causal de l'impact écologique du TMV (Moufad & Jawab, 2016b)

La congestion urbaine :

Le dernier arbre de causalité présenté dans la figure 17 porte sur les problèmes de la congestion. Il est de part nature très complexe, et nous essayons de formuler, au moins d'une manière synthétique, les causes de contribution du transport de marchandises en ville à la congestion (Piar, 2012; Sweet, 2014).

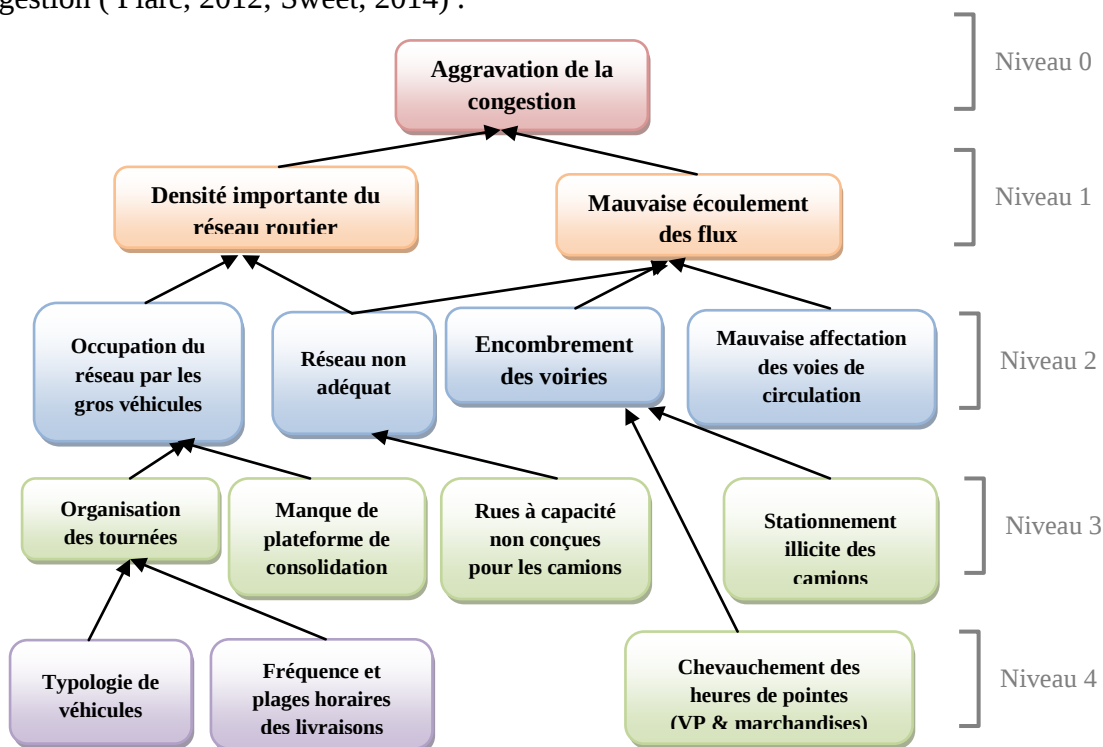


Figure 17. Contribution du TMV à la congestion (Moufad & Jawab, 2016b)

Ensuite, nous avons regroupé les feuilles de chacun des arbres en utilisant le diagramme des affinités qui permet de regrouper et structurer les causes identifiées avec clarté. Plusieurs étapes étaient nécessaires pour la réalisation de ce diagramme à savoir (Rothman et al., 2008):

- Relire les idées et essayer de découvrir celles qui ont des points communs.

- Regrouper les éléments qui présentent des similitudes et clarifier le contenu de chaque idée lorsqu'il était nécessaire.
- Identifier chaque catégorie (en prenant en considération les composantes du schéma causal).
- Répéter les étapes 3 à 5 jusqu'à convergence.

En résultat, nous identifions les catégories de causes suivantes (Figure 18):

- ✓ **Les facteurs industriels** : cette catégorie regroupe les paramètres liés à l'organisation des tournées comme les ressources disponibles (matérielles et humaines) et la stratégie de gestion (compte propre ou compte d'autrui) ;
- ✓ **La structure urbaine** : elle concerne la situation géographique des aires de livraisons, le réseau viaire formant le contexte de transit des marchandises, la présence des infrastructures logistiques et les zones de stationnement ;
- ✓ **La demande de marchandises** : la demande conditionne les flux de marchandises. Par exemple, les fréquences de livraisons sont de plus en plus importantes et le volume de livraisons devient de plus en plus petit ;
- ✓ **Les flux de trafic** : la cause principale qui touche les flux de trafic est la congestion surtout pendant les heures de pointe. En principe, les flux de trafic sont touchés par les affectations des flux dans les zones denses, la correspondance entre les heures de pointe des véhicules particuliers et des camions ;
- ✓ **La qualité de vie** : elle est transversale, allant du nombre d'accident à la qualité de la desserte en termes d'émissions de bruit et de polluants atmosphériques.
- ✓ **L'offre de transport** : concerne principalement les caractéristiques du réseau viaire. L'offre de transport est également liée aux véhicules sur le marché.

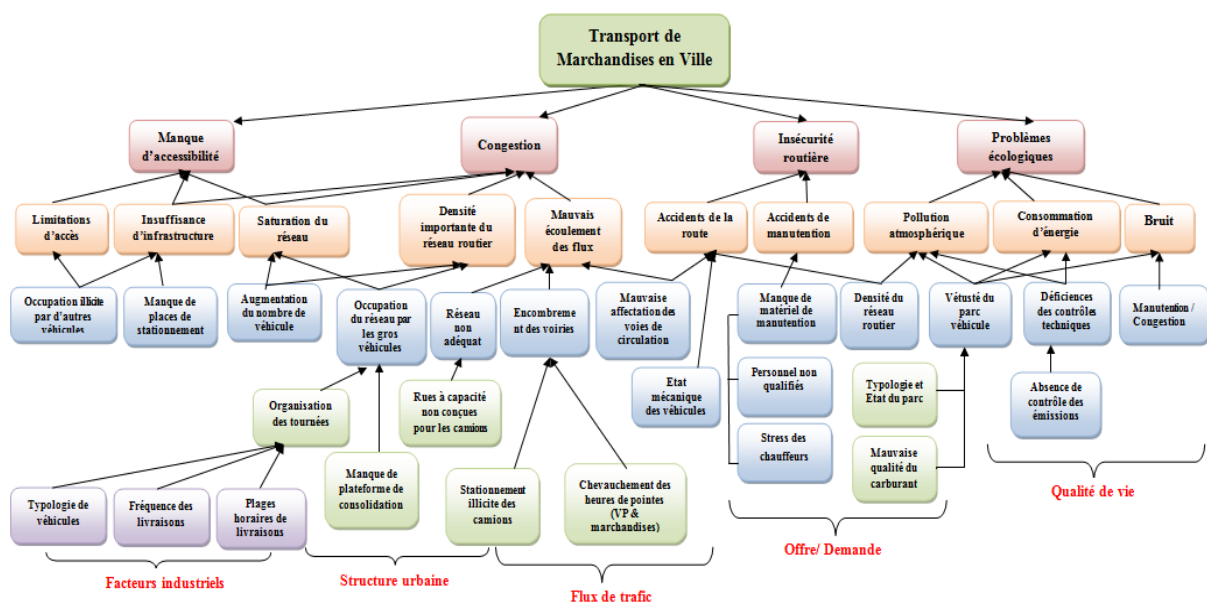


Figure 18. Analyse structurelle des problèmes de TMV (Moufad & Jawab, 2017).

1.2. Elaboration du Diagramme d'influence du système TMV

A l'issu de notre analyse causale, nous élaborons un schéma systémique. Il s'agit d'un diagramme d'influence (ou de causalité) qui présente les principales interactions entre les paramètres représentés ci-avant, afin de dépasser la vision linéaire du schéma précédent.

D'après ces études sectorielles (Abdelhai et al., 2014; Patier & Routhier, 2009) on peut identifier trois éléments clés du système de TMV : la demande de marchandises, offre de transport et les flux de trafic. En amont de ces trois éléments, nous retrouvons la structure urbaine, les facteurs industriels (Gonzalez-Feliu, 2013). En considérant également les pressions exercées par les transports urbains et les aspects de la qualité de vie (accessibilité, qualité de l'air, sécurité...), on obtient le diagramme illustré dans la figure 19.

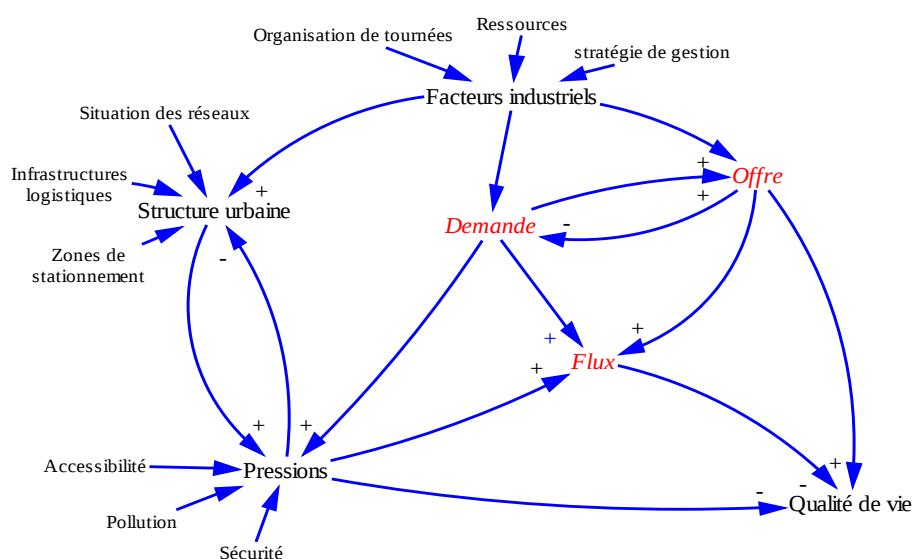


Figure 19. Diagramme d'influence du système de TMV (Moufad & Jawab, 2017)

Le schéma que nous avons élaboré avec le logiciel Edraw Max, représente un certain nombre d'hypothèses quant aux liens de causalité entre les différents éléments. Les signes, positif ou négatif, figurant sur les flèches permettent d'indiquer si un élément du système évolue dans le même sens ou contrairement à celui qui l'influence.

A titre d'explication, les facteurs industriels sont susceptibles d'influencer à la fois la structure urbaine de la ville, l'offre de transport et la demande de déplacement des marchandises. La structure urbaine est un élément qui peut être influencé par les facteurs industriels et par l'accessibilité dans l'espace urbain. En particulier, le lien entre la structure urbaine et les pressions exercées par les moyens de transport peut exister dans les deux sens.

L'offre de transport, à son tour, est influencée par les facteurs industriels ainsi que la demande de mobilité de marchandises dans les deux sens. En poursuivant l'interprétation du schéma, la demande de mobilité des marchandises peut être influencée par l'offre des infrastructures et des

services de transport et par les facteurs industriels. Finalement, les pressions des transports dépendent de la demande des marchandises et la structure urbaine. Tandis que l'ensemble des aspects de la qualité de vie dépendent des caractéristiques des flux (vitesse, densité du trafic...) de l'offre (infrastructures de transport) et des pressions exercées par les moyens de transport (pollution, bruit, consommation d'énergie, sécurité...)

A travers ces deux étapes, nous avons délimité le champ d'analyse du TMV et nous avons visualisé les relations causales à l'intérieur du système.

1.3. Synthèse des facteurs déterminants la performance du TMV

Les travaux de (Haghshenas & Vaziri, 2012) ont soulevés le concept de la performance du TMV dans une optique de développement durable. Ils ont défini une liste d'indicateurs selon trois catégories de facteurs: les facteurs économiques, environnementaux et sociaux. Dans le même angle, (Morana & Gonzalez-Feliu, 2010) ont identifié une série d'indicateurs de durabilité de la logistique urbaine déclinés en cinq grandes catégories de facteurs : les facteurs économiques et commerciaux ; les facteurs techniques et logistiques ; les facteurs sociaux et ergonomiques et les facteurs liés à l'environnement la réglementation et l'occupation de l'espace public. On retrouve également les enquêtes de (Patier & Routhier, 2009) qui ont permis d'élaborer une série d'indicateurs contribuant à un diagnostic complet de la performance du transport de marchandises en ville. D'autre part, les travaux de (Bask & Rajahonka, 2017; Ciaramella et al., 2014) ont soulevé le volet la performance environnemental du transport de marchandises. Ils ont indiqué que la sécurité, la pollution atmosphérique, la consommation d'énergie et le bruit constituent des critères pour évaluer la durabilité environnementale du transport de marchandise. Il est important de signaler aussi, les travaux de (Mori & Christodoulou, 2012; Rosales, 2011) qui ont défini une liste d'indicateurs plus ample mais non hiérarchisée. Si bien on retrouve beaucoup d'indicateurs en commun, les travaux de (Mori & Christodoulou, 2012) permettent d'introduire des indicateurs classiques du transport de marchandises qui peuvent être considérés dans l'interface entre le transport urbain et le transport interurbain. Finalement, plusieurs projets (Trailblazer, CityMove, CityLog, Bestufs1&2, Mosca, Fleat, Civitas) ont cherché à évaluer la performance du TMV et à mieux cerner les principaux facteurs qui l'influencent (Graindorge et al., 2015). En résultat, on peut déduire que les facteurs qui influencent la performance du TMV sont principalement : l'accessibilité, la congestion, les impacts écologiques (représentés par la pollution atmosphérique et la consommation d'énergie) et la sécurité routière.

A l'issue de cette revue de littérature, nous avons dressé un tableau synthétisant les facteurs qui influencent la performance du TMV (Tableau 12).

Tableau 12. Panorama des facteurs déterminants la performance du TMV (Moufad & Jawab, 2018)

Enjeux	Facteur	Indicateur	Objet de l'indicateur et mesures permises	Références
Mettre en place et développer les infrastructures	Accessibilité	Taux de service	Capacité d'une plate-forme (entrepôt) à traiter et à affecter toutes les demandes	Graindorge et al. (2015) Patier et Routhier (2009)
		Distance entre la plateforme et la zone de livraison	Impact du lieu d'implantation de la plate-forme livrant les produits concernant son aire de marché.	
		Capacité des voiries	Adaptation de l'offre à la demande	
Organiser & Améliorer les livraisons de TMV	Congestion	Densité des livraisons et des enlèvements dans une zone	Importance des flux de marchandises dans une zone en termes de nombres des véhicules	Haghshenas & Vaziri (2012)
		Plages horaires de livraison	Fréquence de livraison	
		Nombre d'espace de livraison	Importance des aires de livraison	
		Temps d'arrêt des véhicules de livraison	Disponibilité des espaces de livraison	Morana & Gonzalez-Feliu (2012)
		Distance moyenne nécessaire pour livrer /enlever les marchandises	Contribution des livraisons / enlèvements au trafic urbain	
		Retard des véhicules de livraisons	le temps de parcours additionnel créé par la congestion;	Pinto et al. (2018)
		L'étalement de la pointe	Période de pointe durant laquelle le réseau est affecté par la congestion. La congestion est définie dans ce cas par la présence d'au moins une file d'attente de deux minutes et plus.	Muñuzuri et al. (2017)
		Durée des livraisons et enlèvements en double file pour servir un secteur d'activité dans une zone.	Contribution de chaque secteur d'activité à la congestion de la voirie par le stationnement sur voirie en double file.	Mori & Christodoulou (2012)
		Distance moyenne parcourue pour livrer ou enlever une activité avec un véhicule.	Distance moyenne parcourue pour livrer ou enlever un secteur d'activité avec un type de véhicule.	Rosales (2011)
	Nombre total des véhicules de marchandises dans l'aire urbaine	Contribution d'une activité à la génération du trafic motorisé urbain.	Patier & Routhier (2009)	
Améliorer la sécurité	Sécurité	Nombre des accidents de véhicules de marchandises sur voirie urbaine	Impact des mouvements de marchandises sur la sécurité routière	Bask & Rajahonka, (2017); Morana & Gonzalez-Feliu (2012)
		Points de contrôle de vitesse en milieu urbain	Renforcement des contrôles de vitesses et de comportement routier en milieu urbain	
		Nombre d'infractions		
		Etat mécanique des véhicules	Impact de l'état mécanique des véhicules sur la sécurité routière en milieu urbain	
Préserver l'environnement	Impacts écologiques	✓ Emissions GES / (km. livraison) ✓ Consommation d'énergie	Impact des mouvements de marchandises sur la consommation d'énergie, et l'émission des gaz à effets de serre.	Jami & Kammass (2013) Liimatainen et al. (2015)

Nous indiquons que le transport de marchandises en ville est tributaire de la réalisation d'un ensemble d'enjeux qui sont principalement : Mettre en place et développer les infrastructures ; Organiser les flux de transport de marchandises en ville ; Améliorer la sécurité et Préserver l'environnement. Ces enjeux sont supportés par des facteurs liées à : l'accessibilité et le stationnement, la congestion, la sécurité, et les impacts écologiques. Comme indiqué sur la troisième colonne, nous avons décliné chaque facteur en un ensemble d'indicateurs contribuant à

un diagnostic de la performance du TMV. Dans les deux dernières colonnes, nous avons défini l'objet de mesure et les références fondatrices de chaque indicateur.

1.4. Choix de l'outil de modélisation : Grille GRAI

L'objectif de ce travail de recherche est de proposer un modèle explicitant les relations d'influence entre les facteurs déterminant la performance du TMV et celle-ci. Ce modèle doit fournir une aide à la décision pour les responsables à travers la proposition, un ensemble d'actions leur permettant de prendre les bonnes décisions.

Parmi les formalismes utilisés pour modéliser des systèmes complexes, la méthode GRAI (Graphe de Résultats et Activités Interreliés) est particulièrement intéressante pour la modélisation du système de TMV (Delaître, 2008). C'est une méthodologie de modélisation et d'analyse des systèmes de décision qui se concentre sur les aspects décisionnels de la gestion des systèmes et permet de construire des modèles à un niveau élevé de globalité, plus élevé que la plupart des autres formalismes (Carrie et Macintosh, 2010). La méthode GRAI repose, entre autres, sur la grille GRAI qui permet l'expression d'une vision globale de la structure du système étudié et la mise en évidence des principaux liens décisionnels entre les composants du système (Ducq & Berrah, 2009). La grille GRAI (Figure 20) définit les décisions prises (centres de décision) par les différentes fonctions du système avec quel horizon de planification (HP) utilisé pour prendre la décision et quelle période d'examen (PP). Les deux concepts horizon et période caractérisent le temps de prise de décision. Chaque horizon de décision est décomposé en période permettant la prise de décision événementielle. Les niveaux sont ordonnés de haut en bas par périodes et horizons décroissants (Carrie & Macintosh, 2010).

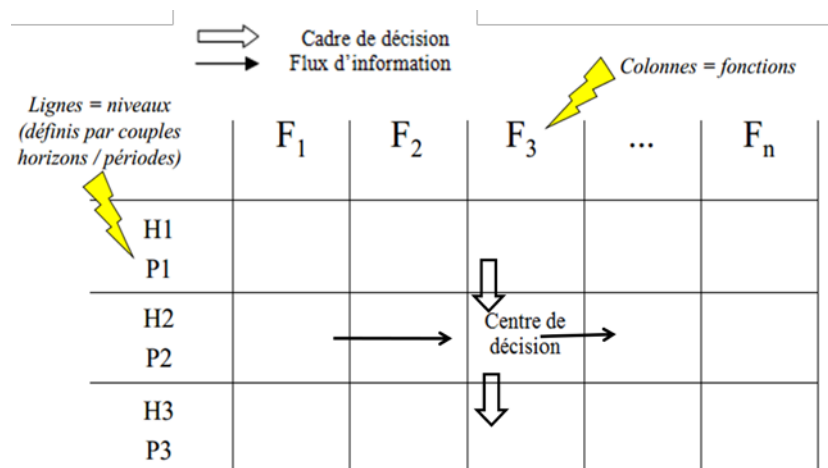


Figure 20. Structure générale de la Grille GRAI (Carrie & Macintosh, 2010).

2. Modèle & formulation des hypothèses

2.1. Mobilisation de la Grille GRAI pour l'élaboration du modèle

Les résultats des étapes précédentes, nous a permis d'identifier les facteurs déterminants la performance du TMV et d'élaborer, en utilisant la Grille GRAI, un modèle de transport de marchandises en ville. Nous proposons que ce dernier s'articule autour de quatre enjeux principaux : Mettre en place et développer les infrastructures ; Organiser les flux de transport de marchandises en ville ; Améliorer la sécurité et Préserver l'environnement. Ces enjeux sont liés à l'accessibilité, la congestion, la sécurité et les impacts écologiques qui représentent les facteurs déterminants de notre modèle (F1 à F4). Pour chaque facteur cinq décisions sont définies sous forme de principes d'actions (F1.1 à F4.5) déclinés par horizon (HP) et période (PP) de planification qui décomposent ainsi la grille en deux niveaux de décision : Stratégique et Opérationnel. Le choix des horizons et périodes de planification est basé sur les travaux de (Black, 2018). La figure 21 présente la modélisation du TMV par la Grille GRAI.

		Enjeux du Transport de Marchandises en Ville				
		Mise en place et le développement des infrastructures	Organisation des flux du TMV	Préservation de l'environnement	Amélioration de la sécurité routière	
		Facteurs déterminants la performance du TMV				
		F1 : Accessibilité	F2 : Congestion	F3 : Impacts écologiques	F4 : Sécurité	
Horizons et Périodes de planification	Planification urbaine HP : Très long terme >10 ans PP= 1 an	F1.1 : Définition d'une politique d'aménagement de la ville	F2.1 : Maîtrise des flux	F3.1 : Intégration dans des accords internationaux (Kyoto, COP21, COP22...)	F4.1 : Positionnement par rapport à des normes internationales	Stratégique
	Planification du transport HP : Long terme 5 à 10 ans PP= 1 an	F1.2 : Détermination de la réglementation de l'espace public et des voies d'accès	F2.2 : Cohérence et harmonisation de l'implantation des activités industrielles et commerciales	F3.2 : Définition d'une politique environnemental et choix des types de véhicules et des modes	F4.2 : Elaboration d'une stratégie de sécurité routière	
	Plan de déplacement urban HP : Moyen terme 3 à 5 ans PP= 6 mois	F1.3 : Utilisation des systèmes d'information et de planification de transport	F2.3 : Organisation le TMV en fonction de la politique acteur/partage de la voirie	F3.3 : Mise en œuvre de la politique et limitation des impacts écologiques du TMV	F4.3 : Planification des zones de stationnement, la répartition des espaces de voirie et la gestion des horaires de livraisons	
	Planification opérationnel HP : Court terme 1 à 3 ans PP= 1 mois	F1.4 : Aménagement des infrastructures	F2.4 : Garantie d'un équilibre entre l'offre & la demande	F3.4 : Organisation des flux de TMV et réalisation des mesures écologiques	F4.4 : Renforcement de l'arsenal du contrôle routier	Opérationnel
	Planification en temps réel	F1.5 : Adaptation de l'organisation des flux en fonction des propriétés du réseau	F2.5 : Organisation des flux en temps réel, mesure du trafic, choix d'itinéraire	F3.5 : Restriction du trafic, réduction des émissions de GES (CO ₂)	F4.5 : Mise en place des actions de sensibilisation, de communication et mesure des accidents	

Figure 21. Le système de TMV modélisé par la grille GRAI (Moufad & Jawab, 2017)

a) Mettre en place et développer les infrastructures :

Dans notre modèle, nous avons choisi d'articuler l'accessibilité à l'aspect infrastructure. En effet, à très long terme (i.e. au-delà de dix ans), la mise en œuvre et le développement des infrastructures sont assurés par la politique d'aménagement de la ville (Graindorge et al., 2015). Les thématiques concernées sont le plus souvent l'organisation des réseaux de TMV en termes de capacité d'accueil des véhicules, de la construction de nouveaux trajets et de l'amélioration de l'accessibilité (Imbault, 2011). A long terme (i.e. de cinq à dix ans), les réglementations déterminent la planification des infrastructures. Le système d'information de transport et la planification des infrastructures garantissent l'aménagement des infrastructures à moyen terme (i.e. de trois à cinq ans). Ainsi, à court terme (i.e. de un à trois ans), il ne s'agit plus de prévisions mais les fonctions du système sont assurées, d'une manière générale, par l'adaptation du prévisionnel.

b) Organiser le TMV

Cette fonction est liée à la maîtrise des flux et plus généralement à la congestion urbaine. A très long terme, la maîtrise des flux commence par une cohérence dans l'implantation des activités industrielles et commerciales (Delaître, 2008). L'objectif est de garantir un équilibre entre l'offre de transport et la demande de déplacement des marchandises. Au niveau opérationnel, l'organisation des flux et la mesure du trafic constituent les moyens d'organisation du TMV. Au Maroc, Le réseau routier urbain est généralement dimensionné par ses axes principaux, mais présente quelques lacunes de structuration qui se voient à travers les activités riveraines des axes (stationnement illicite, livraisons, extension de commerces, etc.) qui diminuent fortement les capacités d'écoulement de ceux-ci (Jami & Kammas, 2013).

c) Préserver l'environnement

A long terme, cette fonction est assurée par le choix de motorisation, le mode de transport et par la politique de la logistique inverse (IETA, 2016). En effet, les facteurs climatiques affectent de manière significative les impacts environnementaux. Par conséquent, à court terme, il est question de prévoir et adapter la mise en œuvre des plans d'action pour les mesures environnementales. Enfin, ponctuellement, des mesures peuvent être prises en temps réel concernant les niveaux de polluants et les émissions des GES (Graindorge et al., 2015).

d) Améliorer la sécurité

Dans le contexte marocain, fixer des objectifs liés à la sécurité routière, en accord avec les normes internationales, permet de représenter la trame générale de l'évolution de la sécurité routière à très long terme. Fort de ce constat, Le pays est engagé depuis 2004 dans des stratégies visant la limitation des accidents de la route (Jami & Kammas, 2013). La prochaine stratégie de

sécurité routière, qui devrait s'étaler sur la décennie 2017-2026. A travers cette stratégie, le ministère s'est fixé comme objectif de ramener le nombre de décès à 1900 pour l'année 2025, soit une baisse de 50%¹⁶ sur toute la décennie à venir. Il convient aussi d'utiliser l'ensemble des forces de l'ordre police et gendarmerie afin de renforcer les contrôles de vitesses et de comportement routier en milieu urbain, et réfléchir aux actions sur le stationnement, la répartition des espaces de voirie et la réglementation des horaires de livraisons.

2.2. Formulation des hypothèses

Nous allons à présent décomposer notre grille en hypothèses explicitant l'influence des facteurs F1 à F4, à savoir : l'accessibilité, la congestion, la sécurité et les impacts écologiques sur la performance du TMV d'une part.

L'influence des principes d'actions (F1.1 à F4.5) proposés sur leur paramètre associé d'autre part. Dans la figure 22, nous avons schématisé l'ensemble de ces hypothèses. La formulation de chaque hypothèse est basée sur l'ensemble des travaux théoriques l'ayant traité.

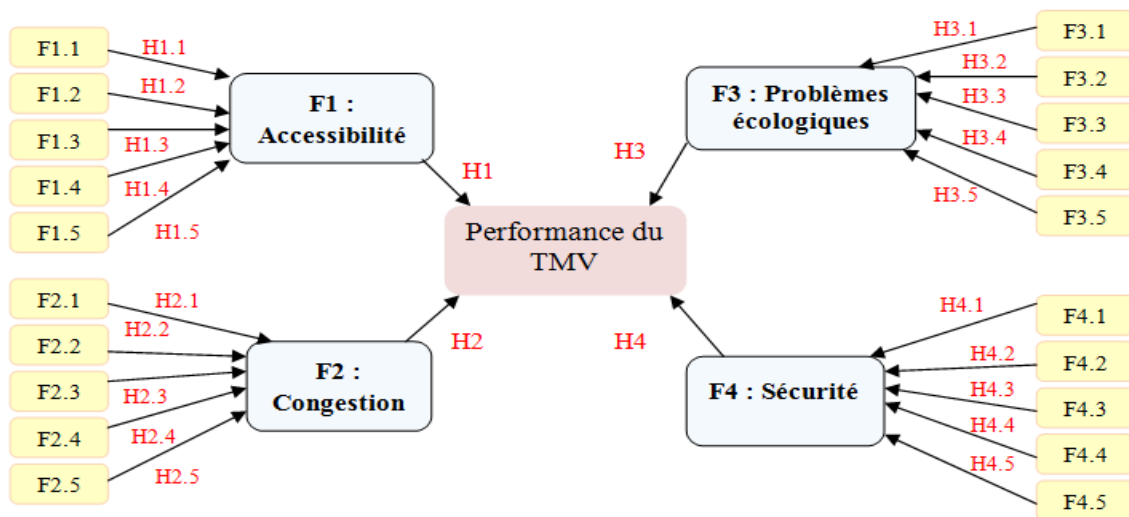


Figure 22. Les hypothèses du modèle théorique (Moufad & Jawab, 2018)

✓ Hypothèse H1 : L'impact de la mise en œuvre des infrastructures logistiques accessibles sur la performance du TMV.

La littérature met en évidence l'idée selon laquelle la mise en œuvre et le développement des infrastructures logistiques accessibles constitue un facteur déterminant pour favoriser la circulation des véhicules de TMV. Delaître (2008) trouve l'existence d'une relation significative entre l'accessibilité et la performance du TMV. D'autres auteurs comme Graindorge et al. (2015) ont identifié également l'existence d'une corrélation positive entre l'amélioration des règles d'accessibilité et de stationnement en ville et l'évaluation pour l'optimisation du TMV à travers

¹⁶ <http://www.equipement.gov.ma/routier/Transport-Routier/Securite-routiere/Pages/Strategie-Nationale-de-la-securite-routiere-2017-20261009-7462.aspx>

leur projet de plans de livraison et de service. Enfin, d'autres travaux (Crozet, 2012 ; Morana & Gonzalez-Feliu, 2012) démontrent l'existence d'un impact significatif du lieu d'implantation de la plate-forme livrant les produits concernant son aire de marché sur les mouvements de marchandises de celle-là. Le Tableau 13 permet de synthétiser l'hypothèse n°1 et les références sur lesquelles nous appuyons notre argumentaire:

Tableau 13. Hypothèse n°1 et ses références

Hypothèse de recherche	Références fondatrices de l'hypothèse
H1 : La mise en œuvre et le développement des infrastructures logistiques accessibles influence significativement la circulation des marchandises en ville	<i>Delaître (2008) ; Morana & Gonzalez-Feliu (2012) ; Graindorge et al. (2015)</i>

Les sous-hypothèses explicitant les relations d'influence entre l'accessibilité et les principes d'action qui lui sont associés (F1.1 à F1.5) ainsi que leurs références fondatrices seront exposés dans le Tableau 14.

Tableau 14. Les hypothèses associées à l'hypothèse n°1 et leurs références

Hypothèse de recherche	Références fondatrices de l'hypothèse
H1.1 : La politique d'aménagement de la ville influence significativement l'accessibilité	<i>Merchan et al. (2015) Morana et Gonzalez-Feliu (2012)</i>
H1.2 : Les réglementations déterminent la planification et la gestion de l'espace public et les zones d'accès à long terme	<i>Gonzalez-Feliu et al. (2012)</i>
H1.3 : L'utilisation des systèmes d'informations et de planification influence l'aménagement des infrastructures logistiques	<i>Crozet (2012)</i>
H1.4 : Plus les infrastructures logistiques sont aménagées plus elles sont développées	<i>Guyon et al. (2010)</i>
H1.5 : La mise en place et le développement des infrastructures logistiques influence l'organisation du réseau de distribution de fret	<i>Johansson & Björklund (2017)</i>

✓ **Hypothèse H2 : L'impact de la congestion sur l'organisation du transport de marchandises en milieu urbain**

La congestion a été souvent évoquée dans la littérature en logistique urbaine comme une contrainte qui freine le développement du TMV (Barthelemy, 2016; Sweet, 2014) . A travers l'hypothèse H2, nous estimons une relation d'influence entre la congestion et la performance du TMV. Dans ce sens, López-Neri et al., (2010) ont étudié l'impact de la dégradation des conditions de circulation sur le phénomène de congestion à travers une modélisation dynamique du trafic routier. Graindorge et al. (2015) ont confirmé également que l'augmentation croissante des flux de transport et la limitation de l'espace urbain ont contribué à accentuer le problème de congestion en milieu urbain. Le Tableau 15 permet de synthétiser l'hypothèse n°2 et les références sur lesquelles nous appuyons notre argumentaire:

Tableau 15. Hypothèse n°2 et ses références

Hypothèse de recherche	Références fondatrices de l'hypothèse
H2 : La congestion influence significativement l'organisation des flux de marchandises en ville	<i>Graindorge et al. (2015)</i> <i>López-Neri et al. (2014)</i> <i>Barthelemy (2016)</i>

Le Tableau 16 établit les sous-hypothèses explicitant les relations d'influence entre le facteur « F2 : Congestion » et les principes d'actions qui lui sont associés.

Tableau 16. Les hypothèses associées à l'hypothèse n°2 et leurs références

Hypothèse de recherche	Références fondatrices de l'hypothèse
H2.1 : Plus les flux de transport de marchandises sont maîtrisés plus la congestion urbaine est réduite	<i>Delaître (2008)</i>
H2.2 : Plus il y a une cohérence dans l'implantation des activités industrielles et commerciales plus les flux de TMV sont maîtrisés	<i>Graindorge et al. (2015)</i>
H2.3 : La politique acteur/partage de la voirie influence significativement l'organisation du TMV	<i>Proost & Dender (2008)</i>
H2.4: L'équilibre entre l'offre de transport et la demande de déplacement de marchandises en ville influence positivement la maîtrise des flux.	<i>Figliozzi (2010);</i> <i>Marcucci et al. (2014) ;</i> <i>Swamy & Baindur (2014)</i>
H2.5 : L'organisation des flux influence significativement la mesure du trafic	<i>Graindorge et al. (2015)</i>

✓ Hypothèse H3 : L'impact de la mise en œuvre d'une politique environnementale sur la performance du TMV

Plusieurs travaux s'intéressent à la durabilité en logistique urbaine, et particulièrement à l'aspect écologique (Liimatainen et al., 2015). Les auteurs Graindorge et al. (2015) ont soulevé l'influence de la mise en œuvre d'une politique environnementale sur la performance du TMV à travers la proposition des plans de livraisons et de service permettant l'optimisation du TMV, la réduction des émissions de CO₂. Morana & Gonzalez-Feliu (2012) ont évoqué la notion de mesure de la performance durable d'un système de mutualisation des livraisons. On trouve aussi, Lyons et al., (2012) qui ont étudié l'impact de la mise en œuvre d'une politique environnementale sur le transport de marchandises pour l'exemple de Mexico. Enfin, Jaegler & Gondran, (2013) ont montré que la performance d'une chaîne logistique et un niveau faible d'émissions de CO₂ sont positivement liés. Sur la base de cette analyse de la littérature, nous proposons le Tableau 17 mettant en évidence l'hypothèse n°3 et ses références fondatrices :

Tableau 17. Hypothèse n°3 et ses références fondatrices

Hypothèse de recherche	Références fondatrices de l'hypothèse
H3 : La mise en œuvre d'une politique environnementale influence significativement la performance du transport de marchandises en ville	<i>Graindorge et al. (2015) ;</i> <i>Liimatainen et al. (2015) ; Jaegler & Gondran (2013) ; Lyons et al. (2012)</i>

Le Tableau 18 présente les références fondatrices des sous-hypothèses explicitant les relations d'influence entre le facteur « F3 : impacts écologiques » et les principes d'actions qui lui sont associés.

Tableau 18. Les hypothèses associées à l'hypothèse n°3 et leurs références

Hypothèse de recherche	Références fondatrices de l'hypothèse
H3.1 : L'intégration dans des accords internationaux (Kyoto, COP21, COP22...) influence le choix de la politique du développement durable	<i>Jami et Kammas (2013)</i> <i>Hickman et al. (2013)</i>
H3.2 : L'existence d'une politique environnementale influence significativement le choix de la motorisation et le mode dans le système de TMV.	<i>Lyons et al. (2012)</i>
H3.3 : la mise en œuvre d'une politique environnementale affecte positivement la limitation des impacts écologiques du TMV	<i>Kishimoto et al. (2017)</i> <i>Carrara & Longden (2016)</i>
H3.4 : L'organisation des flux de TMV affectent les mesures écologiques	<i>Morana et Gonzalez-Feliu (2012)</i>
H3.5 : la performance du TMV et le niveau faible d'émissions de gaz à effet de serre (CO ₂) sont positivement liés.	<i>Liimatainen et al. (2015)</i> <i>Jaegler & Gondran (2013)</i>

✓ **Hypothèse H4 : L'impact de la mise en place d'une stratégie de sécurité routière sur la performance du TMV :**

Jami & Kammas (2013) mettent en évidence l'idée selon laquelle la stratégie de sécurité routière influence significativement la performance du TMV. Tiwari et al. (2016) s'attachent à analyser la relation d'influence entre les infrastructures de transport et la sécurité illustrée par le cas des villes indiennes. Les auteurs, John & Tolford (2018), ont explicité les prévisions de sécurité routière liés aux scénarios de gestion de la croissance des véhicules. Reiman et al. (2018) ont soulevé également les facteurs de risque contribuant à l'insécurité des chauffeurs et de l'ensemble des usagers. Le Tableau 19 établit l'hypothèse n°4 et ses références fondatrices :

Tableau 19. Hypothèse n°4 et ses références fondatrices

Hypothèse de recherche	Références fondatrices de l'hypothèse
H4 : La mise en œuvre d'une politique de sécurité routière influence significativement la performance du transport de marchandises en ville	<i>Reiman et al. (2018) ; Jami & Kammas (2013)</i>

Le tableau 20 met en évidence les sous-hypothèses explicitant les relations d'influence entre le facteur « F4 : Sécurité » et les principes d'actions qui lui sont associés.

Tableau 20. Les hypothèses associées à l'hypothèse n°4 et leurs références fondatrices

Hypothèse de recherche	Références fondatrices de l'hypothèse
H4.1 : Le positionnement par rapport à des normes internationales influence significativement le choix de la stratégie de sécurité routière	<i>Jami et Kammas (2013)</i>
H4.2 : L'élaboration d'une stratégie de sécurité routière influence significativement la planification des zones de stationnement, la répartition des espaces de voirie	<i>John & Tolford (2018)</i>
H4.3 : La politique de sécurité routière influence significativement la réglementation des horaires de livraisons.	<i>Tiwari et al. (2016)</i>
H4.4 : Le renforcement de l'arsenal du contrôle routier influence positivement la sécurité du transport de marchandises en ville	<i>Reiman et al. (2018)</i>
H4.5 : Les actions de sensibilisation, de communication influence positivement la prise de conscience de sécurité routière	<i>Jami et Kammas (2013)</i>

II. Validation du modèle par l'approche PLS

L'objectif de l'étude empirique est de valider l'ensemble des hypothèses du modèle. La validation ou l'infirmer de ces hypothèses va donc nécessiter la réponse à des questions concernant les décisions fondamentales prises, les plans d'actions mis à tous les niveaux ainsi que les interactions entre les éléments constituant notre modèle. La méthodologie de validation du modèle s'articule autour des étapes suivantes (Figure 23) :

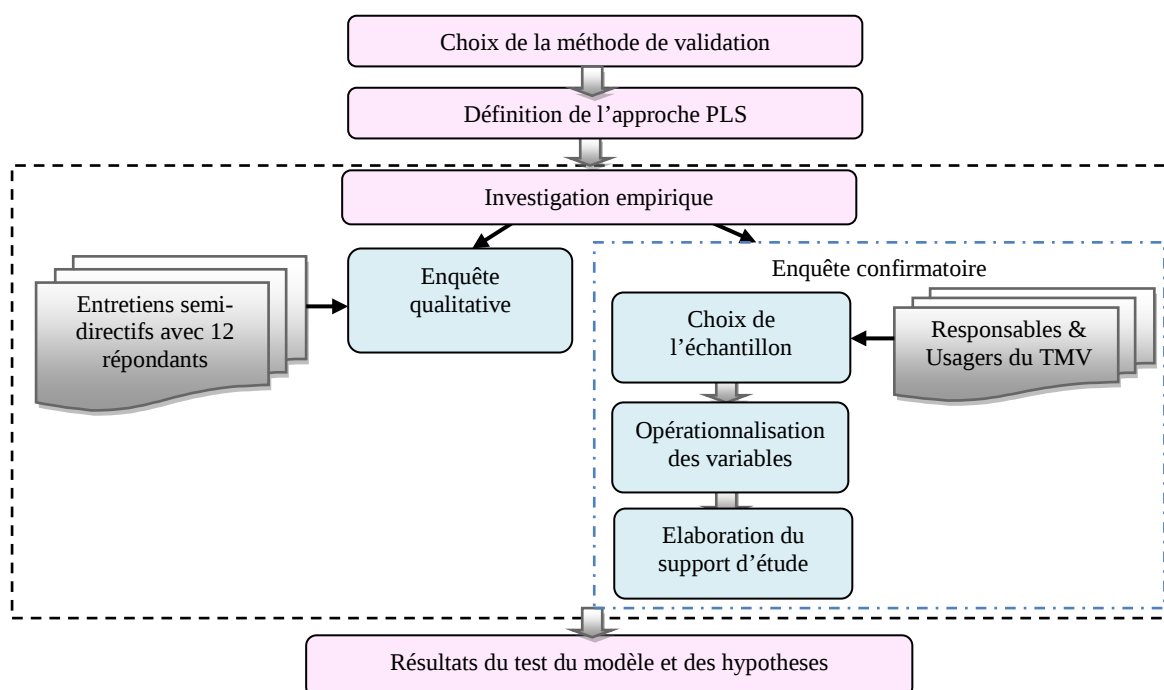


Figure 23. Etapes de la méthodologie de validation du modèle

1. Epistémologie adoptée

1.1. Choix du mode de raisonnement hypothético-déductif

Généralement on retrouve deux types d'enquêtes : les enquêtes dites qualitatives et celles dites quantitatives. Les premières sont adossées à l'analyse d'entretiens, les secondes se fondent sur l'exploitation statistique des réponses à des questionnaires (Frongillo, 2012). La plupart du

temps les enquêtes sont mixtes, empruntant à plusieurs techniques d'interrogation. Afin de vérifier la pertinence des hypothèses que nous venons d'émettre, une étude empirique a été menée, durant la période de trois mois allant du Février à Avril 2017, sur le terrain de la ville de Fès. Pour des raisons d'efficacité et de neutralité, nous avons procédé par un raisonnement hypothético-déductif faisant appel à une démarche séquentielle alternant une phase qualitative (qui repose sur des techniques d'observation et d'entretiens) à des fins exploratoires et une phase quantitative (qui repose sur l'administration d'un questionnaire) à des fins confirmatoires. Les résultats statistiques issus de l'enquête confirmatoire seront traités par la méthode des équations structurelles, particulièrement l'approche PLS.

1.2. Choix de la méthode de validation : MES

La Modélisation par Equations Structurelles (MES) est une méthode qui permet de définir des systèmes complexes en interaction et d'étudier les liens de causalité entre plusieurs variables de ces systèmes (Chiou et al., 2016). Ce type de modélisation est important pour tester les hypothèses des modèles conceptuels tels que le notre. Il existe deux méthodes de modélisation par MES: la méthode LISREL et la méthode PLS (Song et al., 2016).

Le recours à la méthode PLS se justifie du fait qu'elle est largement employée lorsqu'il s'agit de tester des modèles de causalité complexes, incorporant plusieurs variables latentes, et représente un outil adapté au test de modèles relationnels complexes, typiques de la situation rencontrée dans notre cas (Song et al., 2016). L'approche PLS elle, reste manipulable même en la présence d'un petit échantillon (sous certaines conditions) et d'un modèle structurel complexe (Peng & Lai, 2012). Elle présente également une grande souplesse au niveau du test des modèles comportant des variables latentes formatives et réflexives, chose que ne permet pas l'approche LISREL que sous certaines conditions (Hwang et al., 2010).

La méthode PLS fonctionne mieux en pratique, parce que les données issues du terrain utilisées dans la modélisation ne sont jamais parfaites, et sont souvent fortement corrélées (Kaufmann & Gaeckler, 2015). En sélectionnant la meilleure combinaison linéaire pour prédire les variables dépendantes, elle fournit des coefficients structurels plus significatifs que les méthodes basées sur le maximum de vraisemblance (LISREL). Les méthodes de type LISREL donnent leur meilleurs résultats lorsque les données sont obtenues en utilisant un design expérimental (Hair et al., 2012). Or, ce type de design est rarement possible en pratique, surtout lorsque les données sont obtenues par questionnaire. Ceci justifie notre choix de l'utilisation de l'analyse en PLS par rapport aux autres techniques de modélisation causale.

1.3. Présentation de la méthode PLS : Principe, Modèles externe & interne

L'approche PLS est une méthode d'analyse basée sur des régressions simples et multiples des variables latentes avec leurs indicateurs et les variables latentes entre elles. La notion de variable latente est utilisée pour désigner la variable conceptuelle que l'on cherche à mesurer. Elle correspond à un construit supposé être la manifestation la plus concrète du concept pour lequel on ne dispose pas de mesures directes (Abreu Silva & Alho, 2017). Cette difficulté de mesure nécessite de recourir à des variables manifestes appelées aussi variables observables ou explicatives. La méthode PLS a été développée par Herman Wold (Kaufmann & Gaeckler, 2015). Elle est principalement utilisée pour l'analyse des petits échantillons (observations) et plusieurs variables. L'estimation du modèle passe par l'estimation des scores des variables latentes. Cette estimation se fait à l'aide d'un algorithme itératif. Une fois les scores obtenus, on estime les coefficients du modèle interne par régressions multiples classiques (Song et al., 2016). La figure 24 représente le modèle structurel PLS constitué de deux sous-modèles:

- ✓ le modèle de mesure (ou modèle externe) reliant les variables manifestes x_{jh} (VM) (observées) aux variables latentes ζ_j (VL) qui leur sont associées ;
- ✓ le modèle structurel (ou modèle interne) reliant des variables latentes à d'autres variables latentes.

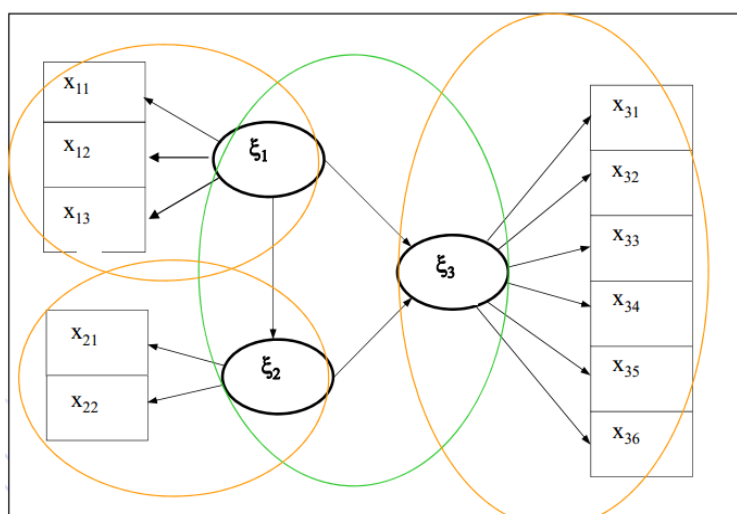


Figure 24. Exemple d'un Path diagramme PLS (Song et al., 2016)

Plusieurs logiciels ont été développés pour opérationnaliser l'approche PLS comme PLSGRAPH, LVPLS, XLSTAT et SMARTPLS. Nous avons choisi ce dernier pour analyser les données de notre enquête.

2. Consolidation des hypothèses à travers une enquête qualitative

L'objectif de cette section est de présenter la démarche de l'enquête qualitative exploratoire et de ses résultats pour consolider les hypothèses formulées auparavant et mieux préparer leur test.

Une des caractéristiques des études exploratoires est leur taille réduite de l'échantillon et l'éloignement du formalisme généralement utilisé dans les études à portée confirmatoires (Frongillo, 2012). La phase qualitative de notre étude vise à acquérir les connaissances sur le champ d'investigation et s'assurer de la pertinence des hypothèses formulées (Testa & Simonson, 2016). Ainsi, elle vise à enrichir les mesures des variables issues de la revue de la littérature par des données contextuelles, qui seront utilisées dans la seconde phase quantitative de la recherche. Pour mener notre enquête exploratoire, nous avons eu recours à une série d'entretiens individuels.

2.1. Population visée

L'étude qualitative constitue le point de départ de notre recherche empirique. Elle a été menée en Février 2017 sur un échantillon de répondants connaissant le contexte de la logistique urbaine et du transport de marchandises en ville particulièrement. Les entretiens ont été réalisés en face à face et sur le lieu de travail pour l'unanimité des répondants. Le tableau ci-dessous précise les répondants et leurs fonctions.

Tableau 21. L'échantillon exploratoire

Acteurs interviewés
Directeur régional (Direction régionale du Ministère du Transport, Equipement et la Logistique)
Responsable du service études & déplacements urbains (Commune urbaine de la ville de Fès)
Responsable du service circulation (Commune urbaine de la ville de Fès)
Chef de service transport & aménagement (L'agence urbaine & de sauvegarde de Fès)
Responsable logistique (Entreprise N°1)
Responsable logistique (Entreprise N°2)
Responsable logistique (Entreprise N°3)
Responsable logistique (Entreprise de prestation de services logistiques) (N°1)
Responsable logistique (Entreprise de prestation de services logistiques) (N°2)
Responsable logistique (Entreprise de prestation de services logistiques) (N°3)
Membre du service des systèmes d'information et de documentation (Centre régionale d'investissement)

2.2. Démarche d'entretien & collecte des données

Le choix du type d'entretien dépend du degré d'élaboration des hypothèses à priori. Dans une phase exploratoire, il y a deux types d'entretiens : les entretiens « ouverts », dont la fonction est de contextualiser, et les entretiens « fermés » servent à vérifier des hypothèses déterminées à priori. Ces entretiens peuvent être libres (l'interviewer s'abstient de poser des questions visant à réorienter l'entretien), semi-directifs (l'interviewer prévoit quelques questions à poser comme points de repères) ou directifs (l'interviewer prépare à l'avance les questions planifiées dans un ordre précis) (Frongillo, 2012). Dès lors, notre choix a porté sur l'entretien semi-directif. Pour conduire nos entretiens, nous avons construit notre guide d'entretien autour

des axes sur lesquels nous souhaitons recueillir des informations de la part des interviewés. Ce guide permet de diriger la discussion autour des thèmes tout en permettant une certaine flexibilité vers des thèmes jugés comme porteur de nouvelles connaissances (Cantillo et al., 2010). Notre guide d'entretien s'articule autour des thèmes énoncés dans le Tableau 22. Au préalable à chaque entretien une demande était envoyée aux interviewés expliquant l'intérêt de l'étude, la présentation du chercheur et de son directeur de thèse ainsi que l'université d'appartenance. Une présentation des objectifs, des thèmes abordés, des modalités de traitement des données, ainsi que l'anonymat de la présentation des résultats ont été expliqué aux différents répondants.

Tableau 22. Guide d'entretien de l'enquête exploratoire

Thèmes n°1 : La logistique urbaine et le Transport de Marchandises en ville Thèmes n°2 : La performance du Transport de Marchandises en Ville Thèmes n°3 : L'accessibilité liée à la performance du Transport de Marchandises en Ville <i>Sous thèmes : Politique d'aménagement de la ville</i> <i>Sous thèmes : Réglementation de l'espace public</i> <i>Sous thèmes : Utilisation des systèmes d'information</i> <i>Sous thèmes : Infrastructures logistiques</i> Thèmes n°4 : La congestion liée à la performance du Transport de Marchandises en Ville <i>Sous thèmes : Maitrise des flux</i> <i>Sous thèmes : Cohérence dans l'implantation des activités industrielles & commerciales</i> <i>Sous thèmes : Politique Acteur/ partage de la voirie</i> <i>Sous thèmes : Equilibre offre/demande</i> Thèmes n°5 : La sécurité liée à la performance du Transport de Marchandises en Ville <i>Sous thèmes : Positionnement par rapport à des normes internationales</i> <i>Sous thèmes : Elaboration d'une stratégie de sécurité routière</i> <i>Sous thèmes : Les règles de la politique de sécurité routière</i> <i>Sous thèmes : Le renforcement de l'arsenal du contrôle routier</i> Thèmes n°6 : Les problèmes écologiques liés à la performance du Transport de Marchandises en Ville <i>Sous thèmes : L'intégration dans des accords internationaux</i> <i>Sous thèmes : Le choix de la politique environnementale</i> <i>Sous thèmes : Les mesures écologiques</i> <i>Sous thèmes : le niveau des émissions de gaz à effet de serre (en particulier CO₂)</i>
--

2.3. Analyses des résultats de l'enquête qualitative

a) Technique d'analyses des données

Dans notre enquête exploratoire, nous avons choisi d'opter pour l'analyse thématique du contenu qui demeure la technique d'analyse des entretiens semi-directifs la plus utilisée pour ce genre d'enquête (Frongillo, 2012). L'analyse de contenu permet de traiter de manière méthodique des informations et les témoignages qui présentent un certain degré de profondeur et de complexité, comme par exemple les rapports d'entretiens semi-directifs (Frongillo, 2012).

Cette technique est principalement adaptée pour analyser les stratégies, les composantes d'une situation puisqu'elle identifie de manière objective les caractéristiques du matériel textuel.

b) Discussions des résultats de l'enquête qualitative

Nous allons à présent discuter les résultats obtenus de cette enquête qui tournent autour de trois axes à savoir : le transport de marchandises en ville, la performance et les facteurs susceptibles d'influencer la performance du TMV. Dans le thème n°1 relatif à la logistique urbaine et au transport de marchandises en ville, nous avons laissé libre aux interviewés d'exprimer leur regard vis-à-vis la situation de ce dernier. En effet, les interviewés insistent sur le fait que la logistique urbaine constitue un levier important pour le développement des secteurs urbains. Dans ce cadre le transport de marchandises en ville constitue un maillon prépondérant.

Dans le thème n°2 nous avons soulevé la notion de performance du transport de marchandises en ville. Cela constitue l'objectif cible de chaque acteur, et chacun cherche le chemin d'y atteindre. Dans ce sens, la plupart des interviewés ont évoqués un ensemble de problèmes qui contraignent la performance du système de transport de marchandises.

Pour la partie relative à l'accessibilité en relation avec la performance du TMV, les responsables logistiques des deux entreprises 1 & 2 insistent sur le manque de plateformes de consolidation et le manque des espaces dédiés aux véhicules de livraison en ville. Les aires de livraison peuvent être de véritables catalyseurs d'une gestion de livraison réussie. Le deuxième facteur exprimé par les interviewés étant celui de la congestion et l'encombrement des voiries surtout pendant les heures de pointe. Dans ce sens, le responsable du service des études des déplacements urbains de la commune urbaine a mis en évidence l'importance d'une planification des horaires de livraison des véhicules de TMV pour réduire l'encombrement des voiries.

Les entretiens conduits sur le Thèmes n°4 relatif à la congestion liée à la performance du TMV, a révélé l'importance accordée aux trois dimensions de notre modèle à savoir la maîtrise des flux, la cohérence dans l'implantation des activités industrielles et commerciales, la politique acteur/partage de la voirie. Les interviewés insistent sur la disponibilité des infrastructures avant d'entamer la question de l'équilibre entre l'offre et la demande. Ils ont confirmés l'absence des infrastructures dédiés aux véhicules de TMV.

Concernant le thème relatif à la sécurité routière, le responsable du service circulation de la commune urbaine de la ville de Fès insiste sur le renforcement de l'arsenal du contrôle routier. Les autres répondants ont évoqués : *« la plupart des accidents se trouvent dans le domaine périurbain, mais cela n'empêche pas de dire qu'il accorder plus d'attention au domaine urbain »*. Le responsable logistique d'une entreprise de prestations de services logistiques a mis en lumière que l'insécurité routière du TMV est le résultat de la congestion et d'une mauvaise

gestion de stationnement. Dans le même sens, l'ensemble des répondants ont affirmés l'intégration du pays dans plusieurs normes internationales relatives à la sécurité routière. En effet, le Directeur de la direction régionale du ministère du transport, de l'équipement et de la logistique le fait remarquer : « *Le Maroc s'est engagé depuis 2004 dans une politique de sécurité routière Le dans des stratégies visant la limitation des accidents de la route. La prochaine stratégie de sécurité routière, qui devrait s'étaler sur la décennie 2016-2025* ».

La dernière partie des entretiens a traité les problèmes écologiques du transport de marchandises en ville et leur influence sur la performance de ce dernier. En effet, les conventions de la COP 22, organisé au Maroc entre le 7 & 18 Novembre 2016, constitue une situation quantifié à laquelle les pays développés ayant signé s'engagent. Les entretiens conduits sur cette partie ont révélé la prise de conscience de la croissance continue du transport de fret urbain, et de ses conséquences sur l'environnement. Les interviewés insistent sur le choix de la motorisation et le contrôle de l'état mécanique des véhicules.

Pour conclure, les entretiens révèlent que l'atteinte de la performance du TMV est en effet tributaire de tous éléments que nous avons évoqués. Donc, les entretiens que nous avons mené consolident nos hypothèses de recherche et nous rassurent dans notre démarche de recherche. Les résultats de cette enquête exploratoire ont permis d'enrichir notre compréhension du contexte de notre terrain d'investigation, et de favoriser l'opérationnalisation de nos variables latentes, à travers un enrichissement des échelles de mesure qui seront insérées dans le cadre de l'enquête quantitative confirmatoire.

3. Estimation des relations d'influence à travers une enquête confirmatoire

3.1. Choix de l'échantillon d'enquête

L'enquête confirmatoire a été menée durant la période de Mars & Avril 2017 administrée par un questionnaire et réalisée face à face auprès des responsables & usagers du TMV de Fès.

La technique d'échantillonnage utilisée est celle du choix raisonné. Le recours à cette méthode ce justifie par le fait que dans ce genre de recherche, les échantillons sélectionnés par choix raisonné sont beaucoup plus utilisés que les méthodes probabilistes (Arnab, 2017). Ainsi que pour des petits échantillons la méthode donne de bons résultats (Lazaar, 2016). En plus, le recours aux méthodes probabilistes n'est pas indispensable lorsqu'on cherche à tester des propositions et non pas de généraliser des résultats à une population particulière (Arnab, 2017).

Dès lors, en se référant à la liste des entreprises de la Confédération Générale des entreprises du Maroc (CGEM – Fès) ainsi que la liste des acteurs institutionnels¹⁷, nous avons construit un échantillon constitué de 60 personnes appartenant à différentes institutions.

Tableau 23. Les caractéristiques de l'échantillon d'enquête

Acteurs institutionnels interviewés	Responsable / fonction	Nbre d'acteurs	Sexe	Expérience	Représentativité dans l'échantillon
Direction régionale du Ministère du Transport, Equipement et de la Logistique	Directeur régional	1	M*	> 10 ans	18,33%
	Les membres du service transport routier & sécurité routière	5	2F* 3M	< 10 ans	
	Les membres du service planification & études techniques	5	2F 3M	< 10 ans	
Commune urbaine de la ville de Fès	Les responsables de la division Transport & déplacement urbain	4	1F 3M	< 10 ans	20%
	Les membres du service études & déplacements urbains	4	2F 2M	< 10 ans	
	Les membres du service circulation	4	1F 3M	< 10 ans	
L'agence urbaine & de sauvegarde de Fès	Géographe & chef de service transport & aménagement	2	M	> 10 ans	10 %
	Les membres du service transport & aménagement	4	2F 2M	< 10 ans	
Les entreprises de prestation de services logistiques	Les responsables logistiques de la Société Nationale de Transport Logistique (SNTL)	4	M	> 10 ans	31,67 %
	Les responsables logistiques de Poste Maroc	5	1F 4M	> 10 ans	
	Les responsables logistiques de la Compagnie de Transport & Messagerie (CTM)	4	M	> 10 ans	
	Chauffeurs -livreurs	6	M	< 10 ans	
Les entreprises détenteurs de fret	Responsable logistique (Entreprise Agroalimentaire 1)	1	M	> 10 ans	15 %
	Responsable logistique (Entreprise Agroalimentaire 2)	1	M	> 10 ans	
	Responsable logistique (Entreprise de Cimenterie) (3)	1	M	> 10 ans	
	Chauffeurs –livreurs (1)	2	M	< 10 ans	
	Chauffeurs –livreurs (2)	2	M	< 10 ans	
	Chauffeurs –livreurs (3)	2	M	< 10 ans	
Centre régionale d'investissement	Les membres du service des systèmes d'information et de documentation	3	M	< 10 ans	5 %
Total		60	11F 49 M	68,33% < 10 ans 31,67% > 10 ans	100%

*Féminin; *Masculin

¹⁷ Liste des administrations et établissements publics :

<http://www.khidmat-almostahlik.ma/portal/fr/acteurs/administration-etablissement-publique>

Le Tableau 23 représente les caractéristiques retenues de l'échantillon d'enquête. 18,33% représente les acteurs de la Direction régionale du Ministère du Transport, Equipement et de la Logistique. 31,67% représente trois prestataires de service logistiques. Les acteurs de la commune urbaine représente 20%, alors que ceux de l'agence urbaine 10%. 15 % représente les responsables logistiques de deux entreprises ainsi que leurs chauffeurs-livreurs. Les 5% qui restent représentent les acteurs du Centre Régional d'Investissement (CRI). Les répondants sont en majorité de sexe masculin (81,67%). 68, 33% des acteurs interrogés ayant une expérience de moins de 10 ans, et 31,67% ayant une expérience de plus de 10 ans.

3.2. Opérationnalisation des variables et élaboration du support de l'étude

a) Opérationnalisation des variables

Au préalable à la rédaction du questionnaire, nous procédons à une opérationnalisation visant à traduire les variables du modèle en indicateurs qui permettent d'approcher la réalité avec des mesures observables sur le terrain. Nous allons présenter maintenant l'opérationnalisation de nos variables à expliquer, latentes, et manifestes. Nous rappelons que l'élaboration des différentes échelles de mesure est faite en fonctions des indicateurs identifiés dans la section 4 de la démarche méthodologique

• Opérationnalisation de la variable à expliquer : Performance du TMV

Dans le cadre de notre travail la variable « Performance du TMV » a été spécifiée comme variable à expliquer. En fonction de ce que nous avons déjà souligné, cette variable peut être déclinée en trois dimensions. La première étant celle de la performance économique. La deuxième de la performance opérationnelle et la troisième de la performance environnementale. La performance économique est conceptualisée comme la composante essentielle de la performance globale (Morana & Gonzalez-Feliu, 2012). Elle peut être déclinée à travers plusieurs indicateurs permettant de déterminer le niveau de performance économique du TMV. Les plus citées dans la littérature tournent autour de trois catégories principales de mesures: les mesures de service, les mesures de coût, et les mesures de rendement sur actifs (Cho et al., 2012). Concernant la performance opérationnelle, nous rappelons que celle-ci correspond au degré d'accomplissement des objectifs en termes de coût, de qualité et de délais (Morana & Gonzalez-Feliu, 2012). Dans le même sens, la performance environnementale correspond au degré d'accomplissement des objectifs en termes de réduction des émissions des GES, du bruit et l'optimisation de la consommation d'énergie (Liimatainen et al., 2015). Ainsi que les objectifs de l'amélioration de la sécurité. Nous procéderons à l'opérationnalisation la variable « Performance » à travers l'échelle de mesure suivante :

Tableau 24. L'échelle de mesure retenue pour la variable « Performance »

L'échelle de mesure de la variable «Performance du TMV»	Références
L'amélioration des conditions du transport de marchandises en ville nous permet l'atteinte de la performance dans ces domaines: 1. Coût du transport 2. Qualité des produits et services 3. Les niveaux de stocks 4. Respect des délais 5. Réduction des émissions des gaz à effet de serre 6. Minimisation de la consommation énergétique 7. L'amélioration de la sécurité	<i>Morana & Gonzalez-Feliu (2012)</i> <i>Cho et al. (2012)</i> <i>Liimatainen et al. (2015)</i>

• **Opérationnalisation de la variables latente « F1 : Accessibilité »**

Cette variable constitue un facteur déterminant pour favoriser la circulation des véhicules de transport de marchandises en ville (Morana & Gonzalez-Feliu, 2012). Rappelons que dans le présent travail, nous avons mis en évidence la relation d'influence entre l'accessibilité et la performance du TMV à travers l'hypothèse H1. Nous avons alors mesuré la variable « Accessibilité » à travers les énoncés ci-dessous :

Tableau 25. L'échelle de mesure retenue pour l'accessibilité

L'échelle de mesure de la variable « F1 : Accessibilité »	Références
1. Le lieu d'implantation des infrastructures logistiques influence le coût de transport & le respect des délais de livraison 2. La capacité de la plateforme à traiter ces demandes influence l'organisation des flux de marchandises 3. La capacité des voiries influence la circulation des véhicules 4. La réglementation des entrées et sorties de voirie dans une zone commerciale influence la circulation des véhicules	<i>Graindorge et al. (2015)</i> <i>Patier & Routhier (2009)</i>

• **Opérationnalisation de la variables latente « F2 : Congestion »**

La congestion a été souvent évoquée dans la littérature en logistique urbaine comme une contrainte qui freine le développement du TMV. A travers l'hypothèse H2, on met en évidence la relation d'influence entre la congestion et la performance du TMV. Nous avons retenu pour cette variable latente l'échelle de mesure suivante :

Tableau 26. L'échelle de mesure retenue pour la congestion

L'échelle de mesure de la variable « Congestion »	Références
1. Densité de livraisons / enlèvements dans une zone reflète l'importance des flux de véhicules de marchandises dans cette zone 2. La réglementation des plages horaires de livraison influence la fréquence de livraison 3. La congestion de la voirie est provoquée par le stationnement sur en double file par zone. 4. La disponibilité des espaces de livraison influence le temps d'arrêt des véhicules de livraison dans une zone commerciale 5. Le retard des véhicules de livraisons est dû au temps de parcours additionnel créé par la congestion	<i>Graindorge et al. (2015)</i> <i>Morana & Gonzalez-Feliu (2012)</i> <i>(Costeseque, 2013)</i>

- **Opérationnalisation de la variables latente « F3 : Impacts écologiques »**

Nous avons déjà soulevé, à travers l'hypothèse H3, la relation d'influence entre la mise en œuvre d'une politique environnementale et la performance du transport de marchandises en ville. Nous avons alors retenu pour cette hypothèse l'échelle de mesure suivante :

Tableau 27. L'échelle de mesure retenue pour l'aspect écologique

L'échelle de mesure de la variable « impact écologique »	Références
1. La politique environnementale du pays influence la performance écologique du transport de marchandises en ville	<i>Barthelemy (2016)</i>
2. L'état mécanique des véhicules influence la consommation d'énergie et les émissions des gaz à effets de serre.	<i>Jami et Kammas (2013)</i>
3. Les émissions des GES sont en fonction des livraisons par km	<i>Morana et Gonzalez-Feliu (2012)</i>

- **Opérationnalisation de la variables latente « F4 : Sécurité »**

Plusieurs travaux ont soulevé le concept de la sécurité routière dans la gestion urbaine. A travers l'hypothèse H4, nous mettons en évidence la relation d'influence entre la sécurité et la performance du transport de marchandises en ville. Afin de mesurer cette relation, nous avons retenu pour cette variable latente l'échelle de mesure suivante :

Tableau 28. L'échelle de mesure retenue pour la sécurité

L'échelle de mesure de la variable « Sécurité »	Auteurs de référence
1. Le nombre des accidents de véhicules de marchandises sur la voirie urbaine impacte les mouvements de marchandises	<i>Morana & Gonzalez-Feliu (2014 ; 2012)</i>
2. Le renforcement des points contrôles de vitesses et de comportement routier en milieu urbain	
3. L'état mécanique des véhicules de marchandises impact la sécurité routière en milieu urbain	
4. Le nombre d'infractions reflète l'irresponsabilité des chauffeurs	

- **Opérationnalisation des variables manifestes**

Nous disposons dans notre modèle, de vingt variables manifestes. Pour chaque variable latente (VL), sont associées cinq variables manifestes (VM). A travers les vingt hypothèses qui restent nous mettons en évidence la relation entre ses variables. Les échelles de mesure retenues sont illustrées dans le Tableau 29.

Tableau 29. Les échelles de mesure retenues pour les variables manifestes

VL	VM	Les échelles de mesure des variables manifestes	Références
F1 : Accessibilité	F1.1 : La politique d'aménagement de la ville	- La disponibilité des espaces de livraisons et la signalisation des voiries améliorent l'accessibilité des véhicules - L'éclairage public contribue à la lisibilité des voiries	<i>Merchan et al. (2015)</i>
	F1.2 : La réglementation de l'espace public et des zones d'accès	- La gestion des zones d'accès (entrées/sorties) des voiries influence la circulation des véhicules - La mise en place des règles de réalisation des voiries accessible	<i>Imbault (2011)</i>
	F1.3 : L'utilisation des systèmes d'informations et de planification	- L'aménagement des infrastructures logistiques par des systèmes d'informations influence la gestion des flux - L'utilisation des systèmes d'information permet le pilotage informationnel des marchandises	<i>Chiron-Augereau, (2009)</i>
	F1.4 : Aménagement des infrastructures logistiques	- Pour développer les infrastructures logistiques, il faut les aménager. - L'aménagement des infrastructures logistiques facilite l'accessibilité des véhicules de livraison	<i>Guyon et al. (2010)</i>
	F1.5 : Réseaux de distribution	- Le développement des infrastructures logistiques influence les tournées de distribution - L'organisation des flux est adaptée en fonction des propriétés du réseau de distribution	<i>Morana et Gonzalez-Feliu (2014)</i>
F2 : Congestion	F2.1 : La maîtrise des flux	- La planification des plages horaires de livraison influence les mouvements des véhicules de livraison - L'accroissement des fréquences de livraison provoque l'encombrement des voiries - La création des espaces de livraison influence les mouvements des véhicules de livraison	<i>Mori & Christodoulou (2012); Rosales (2011)</i>
	F2.2 : Cohérence dans l'implantation des activités industrielles et commerciales	La cohérence dans l'implantation des activités industrielles et commerciales influence la densité des livraisons La délocalisation des activités industrielles contribue à l'encombrement du réseau urbain	<i>Mori & Christodoulou (2012); Rosales (2011)</i>
	F2.3 : La politique acteur/partage de la voirie	- Les livraisons à domicile et l'approvisionnement des ménages contribuent à l'encombrement des voiries - Définir une politique de partage de la voirie permet de réduire la congestion	<i>Proost & Dender (2008)</i>
	F2.4 : L'équilibre entre l'offre et la demande	- L'implantation des espaces de livraison permet une harmonisation de l'offre et la demande - Garantir un équilibre entre les zones de livraison et la quantité de marchandises permet de maîtriser les flux	<i>Swamy & Baidur (2014)</i>
	F2.5 : Mesure du trafic	La mesure du trafic est en fonction du nombre des véhicules de marchandises dans l'aire urbaine	<i>Graindorge et al. (2015)</i>
F3 : Impact écologique	F3.1 : L'intégration dans des accords internationaux	L'intégration dans des accords internationaux influence le choix de la stratégie de développement durable.	<i>Jami et Kammas (2013)</i>
	F3.2 : Le choix de la politique environnementale	Le choix de la politique environnementale influence le choix du mode de transport et la typologie des véhicules de TMV	<i>Lyons et al. (2012)</i>
	F3.3 : L'élaboration d'un plan d'urgence pollution	- L'élaboration d'un plan d'urgence pollution permet la réduction des émissions des GES - L'élaboration d'un plan d'urgence pollution permet l'optimisation de la consommation énergétique	<i>Graindorge et al. (2015)</i>
	F3.4 : Les mesures écologiques	- La mutualisation des livraisons permet de réduire des émissions des GES des véhicules du TMV - La mutualisation des livraisons permet de réduire la consommation énergétique des véhicules du TMV	<i>Morana & Gonzalez-Feliu (2012)</i>
	F3.5 : le niveau des émissions CO ₂	Le niveau de performance écologique du TMV est lié à un niveau faible des émissions de gaz à effet de serre (CO₂)	<i>Jaegler & Gondran (2013) ; Liimatainen et al. (2015)</i>
F4 : Sécurité	F4.1 : Le positionnement par rapport aux normes internationales	L'intégration du pays dans les normes internationales influence le choix de la stratégie de sécurité routière	<i>Jami et Kammas (2013)</i>
	F4.2 : L'élaboration d'une stratégie de sécurité routière	- La répartition des zones de stationnement influence la sécurité des véhicules du TMV - La situation des voiries doit être prise en compte dans l'élaboration de la stratégie de sécurité routière - L'état mécanique des véhicules doit être pris en compte dans l'élaboration de la stratégie de sécurité routière	<i>John & Tolford (2018)</i>
	F4.3 : Les règles de la politique de sécurité routière	- La politique de sécurité routière influence la réglementation des horaires de livraisons. - La politique de sécurité routière influence la réglementation des espaces de livraison	<i>Tiwari et al. (2016)</i>
	F4.4 : Le renforcement de l'arsenal du contrôle routier	- Le renforcement de l'arsenal du contrôle routier diminue le nombre des accidents et le nombre des infractions - Les points de contrôle de vitesse améliorent la sécurité	<i>Reiman et al. (2018)</i>
	F4.5 : Les actions de sensibilisation et de communication	Les actions de sensibilisation, de communication influence positivement la prise de conscience de sécurité routière	<i>Jami et Kammas (2013)</i>

A l'issue du choix de l'agencement des échelles de mesure, nous passons à la construction du questionnaire.

b) Rédaction du questionnaire

Etant donné que la structure du questionnaire est importante pour faciliter et favoriser les réponses des répondants. Il convient alors de commencer le questionnaire par des questions qui ne risquent pas de décourager le répondant dans son processus de lecture.

Nous avons alors décidé de scinder le questionnaire en 25 blocs commençant par les variables manifestes, puis les variables latentes, et finalement la variable qui se rapporte d'ailleurs à la performance du TMV (Annexe 5). Dans la première page de notre questionnaire, nous faisons une présentation en quelques lignes de l'objet de l'enquête avant de passer aux échelles de mesure spécifiés dans le cadre de l'opérationnalisation des variables. La rédaction du questionnaire s'est faite sur la base de l'aide du formulaire « Google Forms » qui permet d'effectuer des sondages personnalisables, ainsi que d'une série de programmes de statistiques, et de consolider les données récoltées directement dans une feuille de calcul convertible au format tableur.

3.3. Modalités de mise en œuvre de l'enquête confirmatoire

L'enquête exploratoire que nous avons réalisée au préalable nous a permis de garantir le contact avec les acteurs interviewés dans l'enquête confirmatoire. L'administration du questionnaire a été réalisée face à face et sur le lieu de travail pour l'unanimité des répondants. En effet, ce mode offre de nouvelles perspectives car il présente un certain nombre d'avantages tels que la réduction des délais, la suppression des erreurs et les valeurs manquantes, le contrôle et la contextualisation de l'enquête, le renseignement automatique et direct des réponses dans la base de données, la consultation des réponses en temps réel (Arnab, 2017). La rédaction du questionnaire représente la transformation des hypothèses en instruments de mesure applicables à l'échantillon des personnes interrogées (Smith, 2015). En conséquence, les différentes variables du modèle ont été retranscrites sous la forme de mesures multi-items et évaluées par une échelle bipolaire de type Likert en cinq points qui mesure le degré d'accord ou de désaccord du répondant allant de « pas du tout d'accord » jusqu'à « tout à fait d'accord ». Une telle échelle est adaptée au contexte marocain, contrairement à celle à 7 points qui a démontré que les répondants se trouvaient souvent dispersés au moment des réponses, et éprouvaient une difficulté à se positionner (Testa & Simonson, 2016).

L'administration du questionnaire était très difficile puisque nous avons choisi comme interlocuteur des directeurs ou des chefs de service qui trouvent rarement le temps pour nous accorder un entretien. Malgré tous les obstacles, nous avons pu remplir 57 questionnaires. Ceci

représente un taux de réponse de 95%. Une fois, les questionnaires remplis, ils ont été saisis manuellement. Les résultats issus de cette enquête confirmatoire constituent les inputs de l'outil d'analyse PLS que nous avons choisi. Ces inputs se représentent sous forme de score ou poids explicitant le lien entre les variables latentes avec leurs variables manifestes et les variables latentes et la performance du TMV (Figure 25).

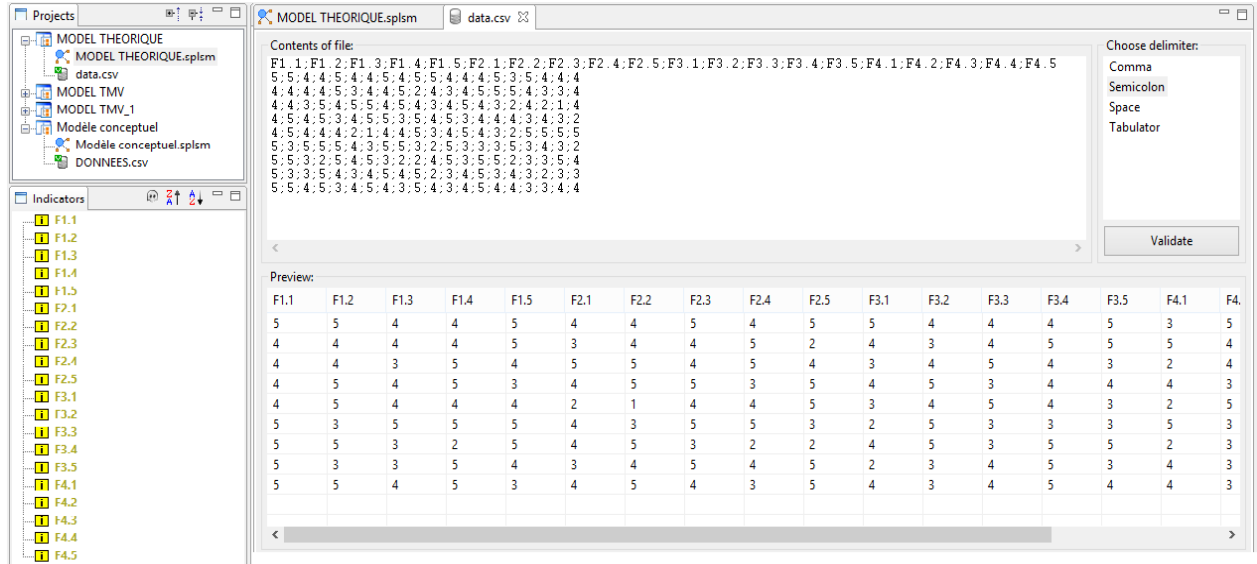


Figure 25. Les données de base du modèle sur le logiciel SmartPLS.

III. Résultat de validation du modèle & mesure des interrelations Facteur/Performance

L'ensemble des traitements de mise en œuvre de la méthode PLS, ont été réalisés sur le logiciel SmartPLS (version 2.0 M3) particulièrement bien adaptés pour évaluer la qualité des données d'enquête sur les échantillons relativement petits (Abreu Silva & Alho, 2017).

Le modèle a été testé selon une procédure de Bootstrap (ré-échantillonnage) sur 300 répliques, pour nous assurer de la robustesse et la stabilité des significations obtenus ce qui donne une création évaluée sur les critères de validité et fiabilité (Lee et al., 2011). La procédure de validation et d'estimation du modèle passe d'abord par l'examen des caractéristiques générales des variables du modèle (statistiques descriptives, niveau et significativité des corrélations pour vérifier que les liens postulés entre les variables existent). En suite de s'assurer de la validité et la fiabilité du modèle de mesure (qualité de la mesure des variables latentes), et finalement le test du modèle structurel à l'épreuve des hypothèses formulées (Streukens & Leroi-Werelds, 2016).

1. Mesure et évaluation du modèle externe

Notre modèle comprend quatre variables latentes. Ces variables sont mesurées par des variables manifestes opérationnalisés par plusieurs items. Chaque variable manifeste est associée à une variable latente par une simple équation (1) de régression linéaire (Abreu Silva & Alho, 2017):

$$x_h = \pi_{h0} + \xi_{\pi h} + \varepsilon_h \quad (1)$$

Sachant que ξ a une moyenne m et un écart-type 1. La seule hypothèse nécessaire dans ce cas est la formule (2). D'où le résidu ε_h a une moyenne de 0 et n'est pas corrélée à la variable latente ξ .

$$E(x_h|\xi) = \pi_{h0} + \xi\pi_{h1} \quad (2)$$

1.1. Analyse en composantes principales d'un bloc

Dans le cadre des techniques de modèles structurels à variables latentes une propriété importante est souvent exigée: l'unidimensionnalité des blocs des variables manifestes (Abreu Silva & Alho, 2017). On dit un bloc est unidimensionnel quand la première valeur propre de la matrice de corrélation entre les variables manifestes du bloc est plus grande que 1 et la seconde est plus petite que 1 ou tout du moins beaucoup plus petite que la première (Boik, 2013). Le Tableau 30 présente les résultats de la vérification de l'unidimensionnalité. Nous constatons que toutes les premières valeurs propres sont supérieures à 1 (et supérieur au second) ce que signifie que les variables manifestes sont effectivement le reflet de leur variable latente.

Tableau 30. Les valeurs propres des variables latentes du modèle causal

F1	F2	F3	F4	PTMV
1,8381	3,7903	3,7621	3,7415	3,7903
0,8530	0,7636	0,8088	0,7965	0,8341
0,8289	0,6451	0,6499	0,7263	0,8216
0,7525	0,2967	0,5966	0,6129	0,7844
0,5737	0,2209	0,2668	0,5391	0,7404
				0,7096
				0,6636
				0,6065
				0,5632
				0,5597
				0,5336
				0,5231
				0,4439
				0,2994
				0,2389
				0,2175
				0,1268
				0,1015
				0,0501
				0,0000

Après avoir vérifié la dimensionnalité de l'échelle, nous procédons ensuite à vérifier sa fiabilité. Le modèle de mesure de l'analyse PLS comporte trois mesures: fiabilité des mesures, la validité convergente et la validité discriminante (Hair et al., 2014).

1.2. Fiabilité des mesures

La fiabilité mesure le degré d'exactitude d'un instrument lorsqu'on obtient le même résultat en répétant la mesure d'un même phénomène plusieurs fois (Abreu Silva et al. 2017). La vérification de la fiabilité se fait à travers deux indices : Alpha de Cronbach et Rhô de Dillon-

Goldstein (Rho de D.G) (Kaufmann & Gaeckler, 2015). A partir du résultat de notre analyse (Tableau 31), les indices de la fiabilité composite ainsi que de l'alpha de Cronbach dépassent le seuil de 0.7 ce qui témoigne d'une fiabilité des variables selon les exigences de l'approche PLS (Kaufmann & Gaeckler, 2015).

Tableau 31. Résultats d'analyse de la fiabilité des mesures

Les variables latentes	Alpha de Cronbach	Rho de D.G
F1 : Mettre en place et développer les infrastructures (Accessibilité)	0,717	0,752
F2 : Organiser le système de TMV (Congestion)	0,841	0,706
F3 : Protection de l'environnement (Impacts Ecologiques)	0,778	0,759
F4 : Améliorer la sécurité (Sécurité)	0,878	0,750
Performance TMV	0,841	0,875

1.3. Validité convergente

La validité convergente est utilisée pour mesurer la quantité de la variance capturée par le construit en relation avec la quantité de variance attribuée à l'erreur de mesure et il est jugé adéquat si la variance moyenne extraite (AVE : Average Variance Extracted) est supérieure à 0,5. Pour calculer AVE de chaque variable latente (j), on utilise la formule (3) (Ramachandran & Tsokos, 2015) :

$$AVE_j = \frac{\sum_{i=1}^n (\lambda_i^2)}{\sum_{i=1}^n (\lambda_i^2) + \sum_{i=1}^n Var(\xi_i)} \quad (3)$$

λ_i : Le coefficient de mesure standardisé i

n: Représente le nombre de variables observées

ξ_i : Représente l'erreur de mesure de i

Le test révèle un AVE qui dépasse le critère de 0.5, ce qui témoigne qu'elle est capable d'expliquer la moitié de la variance de ses indicateurs. Le Tableau 32 présente les résultats du test AVE effectué sur SmartPLS (version 2.0 M3):

Tableau 32. Résultats du test de la validité convergente

Variable	AVE
F1	0,588
F2	0,570
F3	0,732
F4	0,794
PTMV	0,528

1.4. Validité discriminante

La validité discriminante permet de vérifier qu'il n'y a pas une corrélation entre les items d'un construit avec les items d'un autre (Streukens & Leroi-Werelds, 2016). Dans le logiciel SmartPLS, une technique connue sous le nom de Cross Loading est utilisé pour tester à la fois la validité discriminante des indicateurs et des construits. La vérification se base sur la comparaison

de la racine carrée de la variance moyenne extraite (AVE) de chaque variable latente avec la corrélation des différentes variables latentes deux à deux (Streukens & Leroi-Werelds, 2016). En pratique on observe que les éléments de hors diagonales (corrélation des construits) doit être inférieur ou égal aux valeurs racines carrées des l'AVE portées en diagonale (Tableau 33).

Tableau 33. Résultat du test de la validité discriminante

	F1	F2	F3	F4	TMV
F1	0,767*				
F2	0,449	0,755*			
F3	0,506	0,608	0,855*		
F4	0,453	0,441	0,420	0,891*	
PTMV	0,100	0,005	0,224	0,024	0,726*

* la racine carrée de l'AVE

Une fois l'étape de l'examen de la validité et de la fiabilité écoulée, nous passons aux procédures d'analyse du modèle structurel.

2. Validation du modèle structurel interne

Cet examen renvoie à vérifier si les variables sont prédictives et si le modèle est stable. Les équations doivent être toutes positives pour que le modèle soit considéré comme valide (Peng & Lai, 2012). L'évaluation de la qualité du modèle structurel se fonde sur deux principaux critères : l'évaluation des coefficients de détermination (R^2) qui découle du Bootstrap et les indices de communalités (Communality) et de redondance (Bougard et al., 2008).

Le coefficient de détermination du modèle (R^2) est calculé pour chaque variable endogène, en fonction des variables latentes explicatives. Les valeurs usuelles de R^2 sont : >0.7 (substantiel), 0.33 (modéré) et 0.19 (faible). La valeur de l'indice de communalité est comprise entre 0 (valeur d'invalidation du modèle) et 1 (valeur de parfaite validation du modèle).

Concernant l'indice de redondance, un modèle est jugé de qualité si tous les coefficients obtenus sont positifs (Bougard et al., 2008).

Le Tableau 34 présente les valeurs de R^2 , des indices de communalité et de redondance pour chacune des variables dépendantes dans le modèle.

Tableau 34. Résultats du test de validation du modèle structurel interne

Variable	R Square	Communality	Redundancy
F1	0,997	0,488	0,430
F2	0,797	0,370	0,286
F3	0,902	0,332	0,292
F4	0,756	0,394	0,294
PTMV	0,000	0,328	0,000

Les résultats du test de notre modèle sous le logiciel Smart PLS sont présentés schématiquement dans la figure 26. D'après les valeurs du modèle structurel, toutes les variables latentes ont une large importance d'effets.

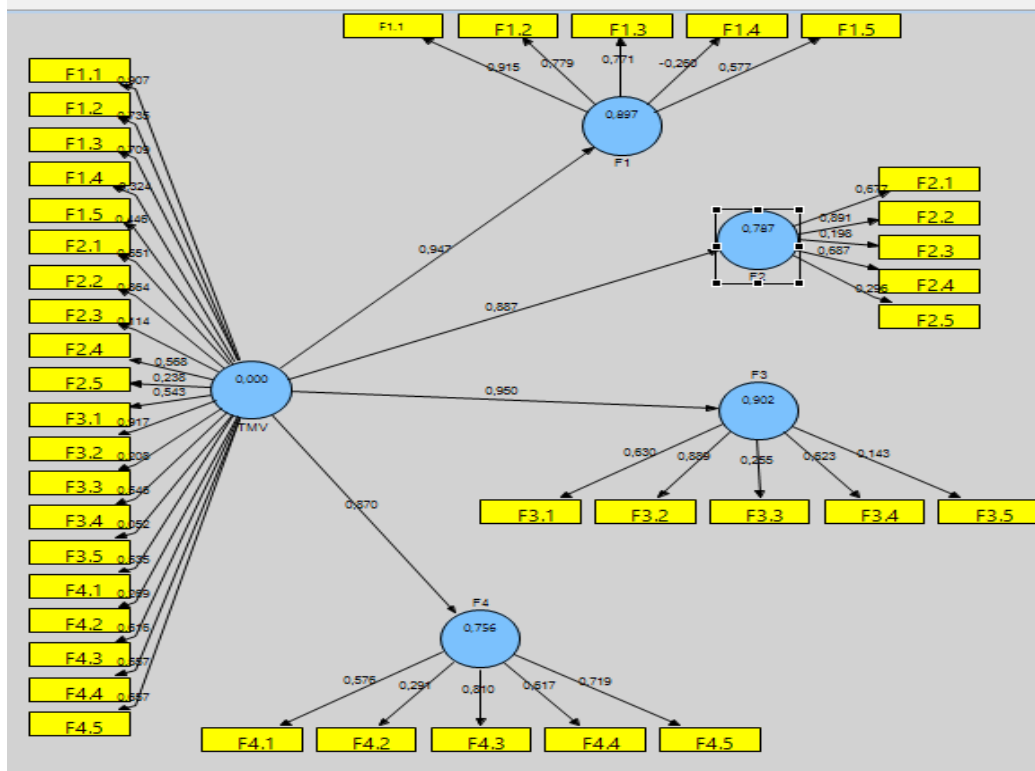


Figure 26. Le modèle structurel sous le Logiciel Smart PLS.

2.1. Equations structurelles du modèle

Notre modèle détient quatre variables latentes qui sont : (F1), (F2), (F3) et (F4), et une variable à expliquer qui est la performance du système de TMV que nous avons testées en utilisant l'approche PLS moyennant le logiciel SmartPLS version 2.0 M3. Les équations structurelles du modèle sont présentées comme suit :

$$\checkmark \text{ PTMV} = (0,947 \times \text{F1}) + (0,887 \times \text{F2}) + (0,950 \times \text{F3}) + (0,870 \times \text{F4}) \quad (4)$$

$$\checkmark \text{ F1} = (0,915 \times \text{F1.1}) + (0,779 \times \text{F1.2}) + (0,771 \times \text{F1.3}) + (0,260 \times \text{F1.4}) + (0,577 \times \text{F1.5}) \quad (5)$$

$$\checkmark \text{ F2} = (0,677 \times \text{F2.1}) + (0,891 \times \text{F2.2}) + (0,198 \times \text{F2.3}) + (0,687 \times \text{F2.4}) + (0,296 \times \text{F2.5}) \quad (6)$$

$$\checkmark \text{ F3} = (0,630 \times \text{F3.1}) + (0,889 \times \text{F3.2}) + (0,255 \times \text{F3.3}) + (0,687 \times \text{F2.4}) + (0,143 \times \text{F3.5}) \quad (7)$$

$$\checkmark \text{ F4} = (0,576 \times \text{F4.1}) + (0,291 \times \text{F4.2}) + (0,810 \times \text{F4.3}) + (0,617 \times \text{F4.4}) + (0,719 \times \text{F4.5}) \quad (8)$$

Puisque les résultats issus de notre enquête montrent bien la validité du modèle de mesure externe et la validité de modèle structurel interne, nous passons maintenant au test des hypothèses.

2.2. Test des hypothèses

Nous allons commencer à présent le test des hypothèses de recherche dans le sens des relations structurelles supposés entre les variables. Nous rappelons que le test des hypothèses sous PLS passe principalement par l'évaluation de la valeur de l'indice du T Statistics (Abreu Silva & Alho, 2017).

Cet indice pose une condition statistique pour que la variable soit considérée comme significative au seuil de 1%, 5% et 10% si et seulement si son T Statistics est supérieur à la valeur absolue de 2,57, 1,96 et 1,64 respectivement. Si les résultats sont inférieurs à ces valeurs, l'hypothèse est déclarée rejetée.

a) Evaluation de l'effet des variables latentes

Le Tableau 35 résume les résultats du test des hypothèses des effets des variables latentes (F1, F2, F3, F4) sur la performance du TMV. Le logiciel procède par la technique du bootstrapping (rééchantillonnage) pour réaliser ce test.

Tableau 35. Résultat du test des hypothèses H1 à H4

Hypothèses	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Error (STERR)	T Statistics (O/STERR)	Validation
H1: F1 => PTMV	0,9468	0,9474	0,0092	10,9581***	Validée
H2: F2 => PTMV	0,8869	0,8941	0,0278	3,8650***	Validée
H3: F3 => PTMV	0,9496	0,9491	0,0095	9,2806***	Validée
H4: F4 => PTMV	0,8695	0,8699	0,0289	3,0472***	Validée

*** Significatif à 1%

✓ Interprétations & discussions des résultats :

L'hypothèse de l'impact l'accessibilité sur la performance du TMV a été vérifiée dans le contexte de notre étude. En effet, la valeur du T Statistics est de l'ordre de 10,9581 est donc supérieur au seuil de 2,57 pour une significativité de 1%. L'indice de régression multiple standardisé représenté sur le tableau par le « Sample Mean » est d'une valeur de 0,9474. Ceci prouve que la mise en œuvre et le développement des infrastructures logistiques accessibles influence à hauteur de 94,47% la circulation des marchandises en ville.

Dans le même sens, la deuxième hypothèse a été validée pour une significativité de 1%. Le Sample Mean est d'une valeur de 0,8941. Ceci prouve que la congestion influence à hauteur de 89,41% la performance du TMV.

La troisième hypothèse a été aussi validée pour une significativité de 1%. Le Sample Mean est d'une valeur de 0,9491. Ceci prouve que la mise en œuvre d'une politique de développement durable influence à hauteur de 94,91% la performance du système de TMV. Dans le même degré de significativité, la quatrième hypothèse a été aussi vérifiée dans le contexte de notre

étude. Le Sample Mean est d'une valeur de 0,8695. Ceci prouve que la mise en œuvre d'une politique sécurité routière influence à hauteur de 86,95 % la performance du système de TMV.

b) Evaluation de l'effet des variables manifestes

Ce test d'hypothèses devrait donner lieu à deux situations. Soit l'hypothèse est rejetée, cela voudrait dire que la relation entre la variable manifeste et la variable latente est non significative. Soit la relation est significative, dans ce cas l'hypothèse est validée. Ci-dessous, les résultats des tests des effets des variables manifestes sur leurs variables latentes associées.

Tableau 36. Résultat du test des hypothèses H5 à H24

Hypothèses	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Error (STERR)	T Statistics (O/STERR)	Validation
H1.1 : F1.1 => F1	0,9154	0,9142	0,0186	9,1143***	Validée
H1.2 : F1.2 => F1	0,7794	0,7812	0,0402	4,3808***	Validée
H1.3 : F1.3 => F1	0,7710	0,7647	0,0516	4,9196***	Validée
H1.4 : F1.4 => F1	0,2602	0,2485	0,1371	1,8972*	Validée
H1.5 : F1.5 => F1	0,5766	0,5753	0,1068	5,3985***	Validée
H2.1: F2.1=> F2	0,6869	0,6788	0,0777	8,8407***	Validée
H2.2: F2.2 => F2	0,8906	0,8907	0,0169	5,4419***	Validée
H2.3: F2.3 => F2	0,2958	0,2880	0,1382	2,1394**	Validée
H2.4: F2.4 => F2	0,1982	0,1762	0,1519	1,3050	Rejetée
H2.5: F2.5 => F2	0,6773	0,6702	0,0986	6,8635***	Validée
H3.1 : F3.1 => F3	0,6300	0,6305	0,0901	6,9858***	Validée
H3.2 : F3.2 => F3	0,8887	0,8879	0,0265	3,4975***	Validée
H3.3 : F3.3 => F3	0,2549	0,2234	0,1800	1,4158	Rejetée
H3.4 : F3.4=> F3	0,6228	0,6029	0,1229	5,0665***	Validée
H3.5 : F3.5 => F3	0,1430	0,1576	0,1841	0,7764	Rejetée
H4.1 : F4.1 => F4	0,5760	0,5653	0,1086	5,3013***	Validée
H4.2 : F4.2 => F4	0,2908	0,2951	0,1569	1,8530*	Validée
H4.3 : F4.3=> F4	0,8095	0,8031	0,0644	3,5615***	Validée
H4.4 : F4.4 => F4	0,6172	0,6037	0,0894	6,8975***	Validée
H4.5 : F4.5 => F4	0,7190	0,7250	0,0730	9,8382***	Validée

***Significatif à 1%; **Significatif à 5%; *Significatif à 10%

✓ **Interprétations & discussions des résultats :**

Les résultats du test révèlent certaines hypothèses validées et d'autres rejetées. Il s'agit de trois cas où la relation d'influence s'est avérée non significative dans le cadre de notre étude. En effet, la valeur du T Statistics est inférieure à 1,64 est donc non significatif à 10%.

La première hypothèse rejetée H2.4 stipulait que l'équilibre entre l'offre de transport et la demande de déplacement de marchandises en ville influence positivement la maîtrise des flux. Cette hypothèse est basée sur les travaux de (Figliozi, 2010; Swamy & Baidur, 2014;

Marcucci et al. 2014) qui ont évoqué que la maîtrise des flux passe à travers la garantie d'un équilibre entre l'offre qui désigne l'ensemble des réseaux d'infrastructures voués aux déplacements et la demande qui représente les déplacements des marchandises en ville. En effet, l'analyse de l'équilibre est basée sur l'analyse de la demande et celle de l'offre. La première est relative à la structure commerciale de la ville et à l'ensemble des mouvements générés par les activités sociales et économiques (Swamy & Baidur, 2014). La deuxième concerne la capacité et le dimensionnement de l'infrastructure routière, qui dépendent du mode d'organisation et orientent les pratiques de stationnement (Marcucci et al. 2014).

Sur la base des données collectées sur le terrain, cette relation ne s'est pas confirmée en raison de la défaillance de l'offre de transport expliquée par le manque d'infrastructures dédiées au transport de marchandises en ville. L'étude réalisée entre 2014 et 2016 par l'AMDL, sur la structuration de la logistique urbaine au Maroc¹⁸, a décelé une rareté ou absence d'aménagements dédiés aux besoins de livraison. Selon cette étude, 22% des cas de stationnement du TMV sont illicites et seulement 39% des livraisons se font en circuit planifié. Aussi, le rapport du Ministère de l'Aménagement du Territoire National, de l'Urbanisme de l'Habitat et de la Politique de la Ville a dénoté l'absence d'un schéma global pour l'organisation de la circulation et du stationnement des véhicules de TMV¹⁹. Encore plus, le rapport de la banque mondiale, relatif à l'évaluation du programme d'appui du secteur des déplacements urbains au Maroc²⁰, a confirmé également le déficit en matière de plan de circulation et de stationnement des véhicules du TMV et a révélé que l'élaboration des plans de circulation pour le secteur des déplacements urbains se limite à la gestion du transport public urbain. Fort de ce constat, on est loin de parler de la maîtrise des flux avant même de garantir un équilibre entre l'offre et la demande de transport. C'est ce qui explique désormais la non validité de notre hypothèse.

L'hypothèse H3.3 qui stipulait que la mise en œuvre d'une politique environnementale affecte positivement la limitation des impacts écologiques du TMV a été également rejetée. Elle est basée sur les travaux de (Kishimoto et al., 2017 ; Carrara & Longden, 2016; Persia et al., 2016) qui ont étudié l'impact de la mise en œuvre d'une politique environnementale sur le transport de marchandises en ville. Ceci peut être expliqué par le fait que même si le Maroc s'est engagé dans

¹⁸ Idem AMDL 2016

¹⁹ Rapport du Ministère de l'Habitat de l'Urbanisme et de l'Aménagement de l'espace, Direction de l'urbanisme. Guide d'aménagement et d'exploitation de l'espace public pour une meilleure gestion des déplacements urbains. Royaume du Maroc, Avril 2016.

²⁰ Document Banque mondiale, Evaluation du programme d'appui du secteur des déplacements urbains au Maroc, Rapport No. 101010-MA, 16 Novembre 2015.
<http://documents.worldbank.org/curated/fr/669341467996728102/pdf/101010-FRENCH-PAD-p149653-PUBLIC-Box394816B-MA-UT-PforR.pdf>

une démarche volontaire de protection de l'environnement²¹, il semble que le cadre juridique de l'environnement pose des problèmes de mise en œuvre^{22, 23}.

En fait, le pays a adhéré à un certain nombre d'accords multilatéraux sur l'environnement²⁴. Il a signé les principales conventions internationales en lien avec l'environnement exemple de : l'accord de Rio lors du sommet de la terre, le Protocole de Kyoto de la Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) et l'accord de Paris sur le climat lors de la 21ème Conférence des Parties de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (COP 21) dont les cadres de mise en œuvre ont été précisés à partir de la COP 22 organisé par le Maroc en 2016 prouvant encore davantage l'engagement du pays. Toutefois, si l'arsenal législatif est relativement complet²⁵, les processus de suivi et de contrôle de l'application des différentes lois nécessitent d'être renforcés pour assurer une application rigoureuse²⁶. En effet, Selon le bilan 2017 du Secrétariat de l'Etat auprès du Ministre de l'énergie, des Mines et du Développement Durable, Chargé du Développement Durable, des limites persistent²⁷. Premièrement des limites financières, puisque l'ampleur des chantiers à mener, notamment pour les projets d'adaptation aux effets néfastes attendus du Changement Climatique, nécessite un appui de la communauté internationale à travers l'accélération de la

²¹ Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. Stratégie Nationale de Développement Durable 2015-2020. Rapport final. Août 2014.

<http://www.environnement.gov.ma/fr/strategies-et-programmes/sndd?showall=1&limitstart>

²² Rapport ARTEMIS 2016, Environnement au Maroc – L'Etat du droit, Novembre 2016. http://www.artemis.ma/pdf/veille/2016/11/ArtemisCop22_Dossier.pdf

²³ Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe, Commission Economique des Nations Unies pour l'Afrique, « Examen des performances environnementales du Maroc », 2016.

²⁴ Synthèse des accords internationaux auxquels le Maroc a adhéré :

Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques 9 mai 1992 lors du sommet de la terre de Rio 1992 ; Rio de Janeiro (13 juin 1992) ; Dahir n° 1-01-333 du 19 moharrem 1423 (3 avril 2002) portant publication du Protocole de Kyoto de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques fait à Kyoto le 11 décembre 1997 (Adhésion 25 février 2002) ; Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants en 2004 ; Conférence de Copenhague 2009 (COP 15) ; COP16 de Cancun au Mexique en 2010 ; Accord de Paris sur le climat en 2015 COP21 à Paris ; COP 22 à Marrakech.

²⁵ Arsenal législatif:

Lois déjà promulguées : Loi 11-03 : Protection et mise en valeur de l'environnement (2003), Loi 12-03 sur les études d'impact sur l'environnement, Loi 13-03 sur la lutte contre la pollution de l'air, l'article 47 de la loi n° 52-05 relatif aux limites des caractéristiques des moteurs et aux émissions polluantes, l'article 66 de la loi n° 52-05 relatif aux contrôles techniques de véhicules, Loi n°30-05 relatif au transport par route des marchandises dangereuses, Loi-cadre 99-12 portant Charte de l'Environnement et du Développement Durable (janvier 2014), Décret n°2-14-782 (19 Mai 2015) relatif à l'organisation et aux modalités de fonctionnement de la police de l'environnement.

<http://www.environnement.gov.ma/fr/lois-et-reglementations/textes-juridiques>

²⁶ Ministère délégué auprès du Ministre de l'énergie des mines, de l'eau et de l'environnement, chargé de l'environnement avec l'appui du Département D'Etat Américain, 3^{ème} Rapport sur l'état de l'environnement au Maroc, 2015.

²⁷ Secrétariat de l'Etat auprès du Ministre de l'énergie, des Mines et du Développement Durable, Chargé du Développement Durable, Rapport des grandes réalisations et des nouveaux programmes, Bilan 2017.

http://www.environnement.gov.ma/images/Mde_PDFs/BILAN-SEDD-2017.pdf

mise en œuvre du Fonds Vert pour le Climat²⁸. Deuxièmement des limites technologiques, car la mise en œuvre de stratégies d'adaptation des pays en développement aux effets néfastes attendus du Changement Climatique et d'atténuation des émissions des GES nécessite le déploiement et la maîtrise de techniques et technologies propres éprouvées. En plus de ces limites, le niveau d'implications très limité des professionnelles dans les pratiques du Développement Durable que dans la prédisposition et la volonté de s'y mettre dans le futur proche ou moyen (Jami & Kammass, 2013) explique encore davantage le déphasage constaté entre la politique et sa mise en œuvre et donc la non validité de l'hypothèse H3.3.

L'hypothèse H3.5 qui stipulait que la performance du TMV et le niveau faible des émissions de gaz à effet de serre (particulièrement le CO₂) sont positivement liés a été également rejetée. Elle est basée sur les travaux de (Liimatainen et al., 2015 ; Jaegler & Gondran, 2013) selon lesquels, un système de TMV performant est celui qui émet moins de CO₂. En analysant la situation du Transport de marchandises dans la ville de Fès, l'impact n'est pas négligeable.

Selon des données de la banque mondiale²⁹ en 2017, le TMV représente en moyenne 18% des déplacements urbains. Par ailleurs, il est responsable entre 30% à 40% des émissions CO₂ pour le cas des grandes métropoles. L'étude que nous avons réalisé dans la ville de Fès afin de mesurer l'impact écologique du TMV et qui porte seulement sur la composante qui concerne les déplacements inter-établissements, a révélé que les émissions CO₂ de cette dernière est d'environ 25067 tonnes de CO₂/an (Moufad & Jawab, 2016) ce qui représente 14% des émissions de CO₂ du transport urbain (175167 tonnes de CO₂/an)³⁰. Prenant en considération que la part des déplacements inter établissements dans la mobilité urbaine est de 6% selon les statistiques attribuées par la Direction Régionale du Ministère de l'Equipement, du Transport et de la Logistique de la région de Fès³¹. Si les 6% des déplacements urbains sont responsables de 14% des émissions CO₂, il nous semble tout à fait logique et objective de considérer que l'ajout des deux autres composantes, à savoir : les déplacements d'achats et les déplacements liés à la gestion urbaine dépasseraient largement la moyenne mondiale. En faisant un rapprochement à la donnée mondiale on peut stipuler que les 6% des déplacements doivent émettre juste 10% des

²⁸ Le Fonds Vert pour le Climat (FVC) est une plate-forme de financement mondiale établie par 194 gouvernements pour limiter ou réduire les gaz à effet de serre (GES) dans les pays en développement et aider les pays vulnérables à s'adapter aux impacts inévitables du changement Climatique. <http://www.4c.ma/fr/mediatheque/docutheque/le-fonds-vert-pour-le-climat>

²⁹ <http://www.worldbank.org/en/results/2017/12/01/mobility>

³⁰ Ministère Délégué auprès du Ministre de l'Energie, des Mines de l'Eau et de l'Environnement, Chargé de l'Environnement, Rapport National sur l'état de l'environnement dans la région Fès-Boulemane, 2014. <http://www.environnement.gov.ma/fr/119-etatenv/1063-region-fes-boulemane>

³¹ Données statistiques de la Direction Régionale du Ministère de l'Equipement, du Transport et de la Logistique de la région de Fès. Répartition modale des déplacements urbains de la ville de Fès en 2016:
Total des déplacements : 2 113408 ; Voitures : 265017 ; véhicules du TMV : 116 423.

émissions CO₂. Cette situation environnementale de la ville de Fès, peut être expliquée par trois facteurs. Le premier concerne la vétusté du parc véhicule³². En fait, 53% de camions ont plus de 10 ans, tandis que 34% ont plus de 15 ans et 22% ont plus de 20 ans¹⁰. La deuxième porte sur la croissance du parc véhicule en circulation. Selon les statistiques du Ministère de l'équipement, du transport et de la logistique³³, le parc national a évolué de 5,95% entre 2013 et 2014 et celui de la ville de Fès de 4,76% entre la même période. Ce phénomène est accompagné par l'absence d'infrastructures dédiées aux besoins de livraison. Le troisième facteur est relatif au fait que les poids lourds sont encore autorisés à circuler en milieu urbain pendant toute la journée. A titre d'exemple, les émissions CO₂ d'un véhicule de 5 tonnes sont 2 fois plus que celles d'une fourgonnette de 500kg de charge utile (Albergel et al., 2006). Pour cette raison, la commission économique des nations unies pour l'Afrique lors de son évaluation de l'état de l'environnement au Maroc en 2016, a recommandé la restriction de la circulation des poids lourds en ville³⁴. Toutes ces constatations et résultats expliquent désormais la non validité de notre hypothèse H 3.5.

La figure 27 récapitule les résultats de la validation du modèle par l'approche PLS.

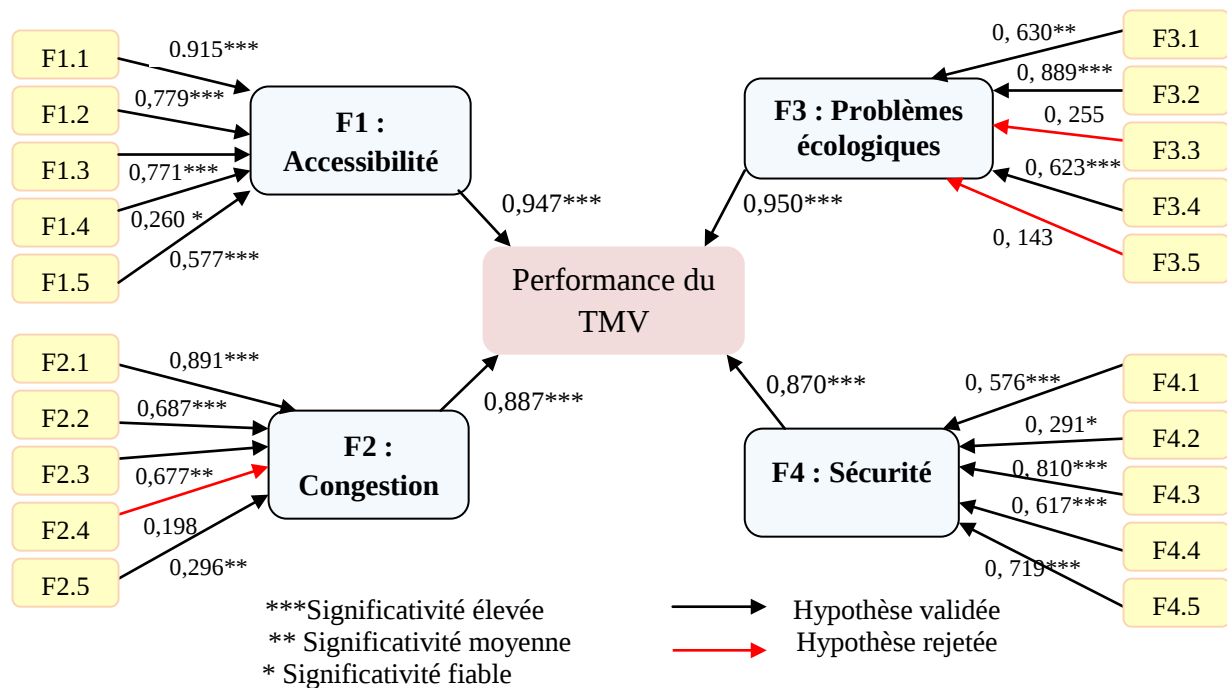


Figure 27. Le modèle final estimé par l'approche PLS

³² Idem AMDL 2016

³³ <http://www.equipement.gov.ma/chiffrescles/routier/Pages/Transport-routier-en-chiffres.aspx>

³⁴ Idem Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe, 2016.

Conclusion

Au niveau de ce chapitre, nous avons identifié les facteurs déterminant la performance du TMV. Nous avons élaboré un modèle, en mobilisant la grille GRAI, qui s'articule autour de quatre facteurs : l'accessibilité, la congestion, la sécurité et les impacts écologiques qui représentent les variables latentes de notre modèle. Pour chaque variable latente du système de TMV, sont représentées cinq variables explicatives. Afin d'examiner l'impact de chaque facteur étudié sur la performance du TMV, nous avons décomposé les relations d'influences au sein du modèle en hypothèses en se basant sur les principaux travaux théoriques et empiriques l'ayant traité.

La deuxième partie de ce chapitre a été consacrée au test des hypothèses de notre modèle. Ce test s'opère sur la base de la méthode des équations structurelles selon l'approche PLS. Le mode de raisonnement hypothético-déductif que nous avons adopté nous a permis de s'inscrire dans une démarche conjuguant une enquête qualitative et une autre quantitative. Les résultats de l'enquête exploratoire nous a permis de d'enrichir la compréhension du contexte du TMV et de favoriser ainsi l'opérationnalisation des variables de notre modèle à travers un enrichissement des échelles de mesures prédéterminés dans l'étape de la revue de littérature. Ce processus nous a permis de construire notre questionnaire organisé en 25 blocs déclinés en indicateurs de mesures. L'ensemble des traitements statistiques ont été réalisés sur le logiciel SmartPLS (version 2.0 M3). Les résultats obtenus, affirment l'influence positive et statistiquement significative des variables de notre modèle : accessibilité, congestion, sécurité et impacts écologiques représentées respectivement par F1 à F4 sur la performance du TMV. L'évaluation du statut des effets des variables manifestes sur les variables latentes a révélé que sur les vingt tests hypothèses de lien, trois hypothèses se sont avérées non significatives et n'ont pas été validées dans le cadre de notre étude. A travers ces résultats, nous avons pu construire une image sur la performance du TMV en particulier celui de la ville de Fès.

Fort de ce constat et pour répondre aux objectifs de la logistique urbaine dans le cadre de la stratégie nationale du développement de la logistique, nous proposons dans le prochain chapitre une méthodologie pour la préparation à la mise en place des aires de livraison comme solution pour pallier aux problèmes de congestion, du manque d'accessibilité et de l'insécurité routière à travers l'amélioration de la fluidité des flux.

Chapitre III :

Opérationnalisation de l'amélioration de la performance du TMV

Cas de l'implantation des aires de livraison

Introduction

A partir de l'étude que nous avons réalisée sur les facteurs déterminants la performance du TMV, la contrainte d'accessibilité influence significativement la performance du TMV à hauteur de 94,7%. De même, la contrainte liée aux impacts écologiques représente un degré d'influence de 95% suivie par la congestion avec une valeur de 88,7% (Moufad & Jawab, 2017).

D'où la nécessité de réfléchir à l'implantation d'un système qui permet de mieux gérer l'organisation des opérations associées aux véhicules de TMV et d'améliorer la fluidité des flux.

Parmi les projets de la logistique urbaine au Maroc³⁵, les aires de livraison représentent une réelle opportunité dans les zones urbaines pour faciliter les opérations de livraison/enlèvement des véhicules de TMV, assurer l'accessibilité aux conducteurs-livreurs, diminuer la congestion et l'accidentalité grâce à l'élimination de la recherche de stationnement.

D'une manière générale, un projet visant l'amélioration du TMV comporte trois étapes principales : Définition du contexte, les étapes de conception du projet et sa mise en œuvre (Patier & Routhier, 2008). Le présent chapitre vise l'amélioration de la performance du TMV à travers un ensemble de mesures opérationnelles, entre autres, l'implantation des aires de livraison. Dans la première partie, nous avons soulevé les pratiques existantes en matière de conception et de planification des aires de livraison. La deuxième partie décrit les différentes étapes de notre démarche de conception et de préparation à la mise en place des aires de livraison élaborée au sein du Laboratoire Productique Energie & Développement Durable (LPE2D) dans le cadre de cette thèse de Doctorat. La troisième partie de ce chapitre retrace les étapes de l'enquête que nous avons menée pour entreprendre une telle démarche et expose les résultats obtenus dans ce sens. La dernière partie de ce chapitre opère un basculement vers le cas de la rue de Cuny pour le déploiement de la démarche.

I. Développement d'une méthodologie de conception des aires de livraison

1. Etat de l'art

De nombreux auteurs et institutions ont travaillé sur la détermination des meilleures pratiques et recommandations lors de la conception et la planification des aires de livraison. En 2009, le

³⁵ Rapport AMDL, 2016, Guide Nationale de la logistique urbaine. Démarche de structuration de la logistique urbaine au sein des villes marocaines, pp. 1-56.

Centre français d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU) a publié un guide d'aide à la planification de ces espaces³⁶. Il propose une quantification grossière des besoins en aires de livraison et un ensemble de recommandations pour améliorer leur gestion. Dans le même ordre d'idée, Debauche (2015) ont proposé une démarche de conception et d'exploitation des aires de livraison synthétisant les étapes présentées dans ce guide. On retrouve également, Delaître & Routhier (2010) qui ont proposé la combinaison de deux modèles (FRETURB & DALSIM) permettant le dimensionnement et l'allocation des zones de livraison en prenant en compte leurs impacts sur le trafic et donnent un exemple de la ville de La Rochelle. Également, Gardrat & Serouge (2016) ont proposé une méthode hybride entre le modèle FRETURB et la méthode CERTU pour quantifier la demande des aires de livraison. Le concept des aires de livraison a été étudié également par Browne et al. (2014) qui ont proposé un ensemble de recommandations politiques afin d'augmenter la disponibilité de ces espaces en prenant la New York City comme étude de cas. McLeod & Cherrett (2011) ont étudié le concept de réservation et de contrôle des aires de livraison dans le cas d'une rue commerçante.

D'autres contributions pertinentes à ce domaine n'abordent pas nécessairement les pratiques de conception et d'aménagement des espaces de livraison mais se concentrent sur leur localisation et l'amélioration. Dans ce sens, Alho et al. (2018) ont évalué l'impact du nombre et de l'emplacement des aires de livraison sur les pratiques de stationnement illicite. Également, Tamayo et al. (2017) ont développé un modèle d'évaluation et d'optimisation de localisation des zones de livraison en fonction de la satisfaction des besoins logistiques des établissements commerciaux associés à la fréquence de mouvements de marchandises générés dans la zone d'étude. Dans le même angle, Pinto et al. (2018) ont abordé le problème de localisation des aires de stationnement. Ils ont proposé un modèle pour échantillonner les intervalles d'arrivée et les temps de service des camions utilisant ces zones.

Enfin, on retrouve Patier et al. (2014) qui ont proposé, dans leur projet Aire de Livraison du Futur (ALF), un nouveau concept d'exploitation des aires de livraison basé sur le principe de réservation au préalable de la part des conducteurs-livreurs gérée par un système d'information. Le même principe a été étudié par Ramoneda Cuenca (2014) en introduisant en plus le paramètre environnemental dans la réservation d'aires de livraison.

Au terme de cette lecture, nous avons élaboré le Tableau 37 qui synthétise la démarche et les aspects caractérisant les contributions susmentionnées :

³⁶ CERTU. Aménagement des aires de livraisons, guide pour leur quantification, leur localisation et leur dimensionnement. Editions Juillet 2009.

Tableau 37. Synthèse de l'état de l'art

Référence	Contribution	Objectif	Méthodologie					
			Choix du périmètre	Elaboration du relevé de la typologie commerciale	Détermination des mouvements générés		Estimation du besoin en aires de livraison	Localisation des aires de livraison
					Approche quantitative	Approche qualitative		
Alho et al. (2018)	Improving mobility by optimizing the number, location and usage of loading /unloading bays for urban freight vehicles	Optimisation et évaluation	-	-	-	-	Oui	Oui
Tamayo et al. (2017)	Loading/Unloading spaces location and evaluation: an approach through real data	Optimisation et évaluation	-	-	-	-	Oui	Oui
Pinto et al. (2018)	The location and sizing of urban freight loading/unloading lay-by areas	Optimisation et évaluation	-	-	-	-	Oui	Oui
Gardrat & Serouge (2016)	Modeling Delivery Spaces Schemes: Is the Space Properly used in Cities Regarding Delivery Practices?	Quantification du besoin en aires de livraison	Oui	Oui	Oui	-	Oui	-
Debauche (2015)	Les aires de livraisons: Pourquoi, combien, où, comment ?	Planification et conception	Oui	Oui	Oui	-	Oui	Oui
Browne et al. (2014)	Comprehensive Freight demand Data Collection Framework for Large Urban Areas	Planification	Oui	-	-	-	-	Oui
Ramoned Cuenca (2014)	Le problème du dernier kilomètre à Paris intra-muros Introduction du paramètre environnemental dans la réservation d'aires de livraison.	Exploitation et réservation	-	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Patier et al. (2014)	A New Concept for Urban Logistics Delivery Area Booking	Exploitation et réservation	-	Oui	Oui	-	Oui	Oui
Delaître & Routhier (2010)	Mixing two French tools for delivery areas scheme decision making	Planification et conception	Oui	-	Oui		Oui	Oui

De l'examen de cette revue de littérature, nous concluons que la recherche en matière des aires de livraison peut être divisée en deux volets. D'une part, on retrouve les travaux théoriques et empiriques qui ont proposé des méthodes pour la conception et l'exploitation des aires de livraison. D'autre part, les travaux qui ne se sont pas concentré entièrement sur les pratiques d'organisation mais plutôt sur l'étude de l'impact d'implantation ou de changement de la configuration des ces espaces sur la mobilité, la congestion et les pratiques de stationnement anarchique.

Sur la base des travaux théoriques et empiriques que nous avons discutés précédemment, nous proposons une démarche à travers laquelle nous adressons l'ensemble des étapes pour la quantification et la localisation des aires de livraison nécessaires dans une zone donnée.

2. Choix & cartographie commerciale et industrielle de la zone d'étude

a) Choix de la zone d'étude

Quoique certains travaux déclarent qu'il n'existe pas vraiment de quota minimal régulant la création des aires de livraison³⁷. A notre sens, on peut retenir que l'implantation d'une première aire de livraison peut devenir importante à partir de 50 mouvements hebdomadaires (Debauche, 2015; Tamayo et al., 2017). Dès lors, le périmètre d'étude doit représenter un étang de vie tant sur le plan fonctionnel (emploi, mobilité quotidienne) qu'économique (bassin d'activité et d'échanges de produits). Compte tenu du coût et des délais de réalisation de ce genre de projet, il est nécessaire de procéder à une spécification de la zone d'étude de manière à garantir une bonne représentativité de l'activité commerciale qui servira de base pour pouvoir extrapoler les hypothèses de génération de mouvements à d'autres zones d'étude (Laurence, 2013).

b) Elaboration de la cartographie commerciale et industrielle de la zone d'étude

Cette étape consiste à recenser les mouvements de l'ensemble des activités industrielles et commerciales de la zone d'étude (Alho et al., 2018). S'agissant d'une cartographie de mouvements, elle doit permettre postérieurement une présentation spatiale de la zone d'étude. A partir de laquelle, il sera possible de dégager des zones d'affluence par activités, et ainsi donner à ces zones des ratios de génération de mouvements caractéristiques. Dans le Tableau 38 nous avons détaillé l'ensemble des activités commerciales qui peuvent se présenter au niveau d'une rue commerçante :

Tableau 38. Typologie d'activités commerciales

N°	Catégorie	Description
1	Café / Restauration	- Fast-food / Restaurant de toutes tailles - Café sans/ ou avec service de restauration à table.
2	Hôtel	Hôtellerie de toutes tailles.
4	Commerce de bouche	Boulangeries, boucheries, Pâtisseries, Crèmerie.
5	Alimentation générale	Epicerie de petites ou moyennes tailles.
6	Commerce d'habillement	Commerces d'habillement, de chaussures, de bijouteries
7	Commerce d'ameublement	Commerces d'ameublement et d'électroménager.
8	Entrepôts	Dépôts de stockage de marchandises.
9	Concessionnaire automobile	- Vente, location et réparation d'automobiles. - Réparation d'automobiles et vente de pièce de rechange
10	Droguerie	- Visserie & Boulonnerie ; Outillage électrique ; Peinture ; Sanitaire - Plomberie & Robinetterie
11	Equipements	Automatisme & Sécurité ; Equipements électroniques & Informatiques ; Equipements Industriels, électriques et hydroélectriques ; Equipements agricoles ; Froid & climatisation
12	Matériaux de construction	- Cimenterie ; Céramique ; Marbre & Granite ; Matériaux ferreux - Menuiserie ; Métal & Cuivre
13	Services	- Bureaux & Cabinets ; Agences bancaires ; Agences d'assurances - Lieux de change ; Agences immobilières ; Agences de voyages ; - Salons de coiffure, etc.
14	Pharmacie & Parapharmacie	Vente de produits pharmaceutiques.
15	Librairie	Vente des fournitures
16	Enseigne publique	Locaux appartenant à une entité publique (type la Poste)

³⁷ Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA), Les aires de livraison : usages, contrôle et évolutions. Les Cahiers Thématiques de la Logistique Urbaine, 2015, pp 1-6.

3. Quantification du besoin en aires de livraison

3.1. Approche « Qualiquantitative » de génération de mouvements

Cette étape consiste à déterminer la génération des mouvements de marchandises à travers l'observation et le recensement de l'ensemble des activités industrielles et commerciales de la zone d'étude (Ramoneda Cuenca, 2014). A partir des travaux qui ont dévoilé les étapes de conception et d'exploitation des aires de livraison (Debauche, 2015; Delaître & Routhier, 2010; Dezi et al., 2010; Pinto et al., 2018; Tamayo et al., 2017), une étude de génération de mouvements doit se baser sur deux approches complémentaires : une approche quantitative et une autre qualitative. La priorisation d'une approche par rapport à l'autre n'est pas spécifiée dans les travaux susmentionnés. Dans le cadre de notre démarche, nous proposons plutôt une approche qualiquantitative qui se compose de deux types de méthodes :

a) Méthode quantitative

Cette méthode de génération quantitative repose sur le critère de ratio de mouvements. A partir du relevé commercial de la zone d'étude, il s'agit de définir un coefficient moyen de mouvements générés par semaine pour chaque type d'activité. Ainsi, il a été démontré que le nombre moyen de mouvement générés par un point de vente est fortement corrélé au type d'activité exercée par ce point de vente (Alho et al., 2018; Debauche, 2015). Dès lors, Le nombre théorique des aires de livraison est calculé à partir de la relation suivante³⁸ :

$$\text{Nombre théorique d'aires de livraison} = \frac{\sum \text{Nombre de commerce par type} \times \text{ratio Mvts}}{\sum \text{Mvts générés par une aire de livraison en plein potentiel}}$$

En effet, la connaissance du nombre de commerce par typologie et des ratios moyen de mouvements générés par semaine et par typologie permet d'établir le nombre total de mouvements générés dans un périmètre donné. Par conséquent, le nombre théorique des aires de livraison peut être obtenu en divisant ce total par le nombre moyen de mouvements hebdomadaires pouvant être traités par une aire de livraison utilisée à son plein potentiel.

Ce nombre théorique représente une première estimation du besoin en aire de livraison. La conduite à posteriori d'une enquête sur le terrain au niveau local s'avère nécessaire pour affiner les résultats obtenus.

b) Méthode qualitative

Cette méthode est basée sur les résultats d'observations de terrain. Elle concerne les types d'activités qui font l'objet d'une qualification de leurs principales caractéristiques comme générateurs de mouvements de marchandises. Exemple des concessionnaires automobiles,

³⁸ Idem Rapport CEREMA 2015.

banques, pharmacies,...etc. Dans le Tableau 39 nous décrivons les caractéristiques et le fonctionnement logistique de ce type d'activité (Laurence, 2013):

Tableau 39. Description qualitative des mouvements

Classe d'activité	Caractéristique	Fonctionnement logistique
Café Restaurant	En majorité ce type d'établissement reçoit quotidiennement une livraison par des grossistes spécialisés. Il s'agit des livraisons longues et volumineuses nécessitant la proximité du commerce.	• 1 livraison par jour • Longue et volumineuse • Poids lourds
Grands magasins	La plupart de ces établissements possèdent une logistique d'approvisionnement intégrée (leurs propres aires de livraison et n'utilisent pas ceux de l'espace public). Toutefois, certain d'entre eux ne possèdent pas des aires de livraison privées.	• Plusieurs livraisons par jour. • Logistique d'approvisionnement intégrée. • Poids lourds
Concessionnaire automobile	Ce type d'établissement provoque de nombreux problèmes lors de la livraison tels que le blocage de rue. La plupart de temps, la livraison se fait avec rendez-vous.	• Très encombrants • Livraison souvent prises avec rendez-vous.
Banque	Ce type d'établissement nécessite un traitement spécifique. Dans la plupart des cas, on retrouve un espace réservé pour le stationnement.	• Plusieurs mouvements par jour • Nécessitant une aire de livraison spécifique.
Tertiaire	Cette classe d'activité génère principalement des mouvements de livraison ou d'enlèvement de faible taille assurée par des entreprises de messagerie. Ces mouvements sont quotidiens et étalés sur toute la durée de travail.	• Mouvements de faible taille. • Mouvements quotidiens étalés sur toute la période de travail.

A partir de ces deux méthodes complémentaires et des informations collectées sur le terrain (relevé commercial), il est possible de dresser une cartographie effective des mouvements générés au niveau du périmètre d'étude. C'est une image reflétant un maximum qui ne se reproduit pas tous les jours. Toutefois, comme pour un grand nombre de principes de dimensionnement, il est souhaitable de connaître la contrainte maximale pour déterminer les dispositions à mettre en œuvre (Debauche, 2015). Pour affiner cette contrainte, l'étape d'analyse des mouvements apporte des informations qualitatives sur la nature des mouvements engendrés en fonction de la typologie commerciale (Tamayo et al., 2017).

3.2. Analyse des mouvements

Cette étape vise à déterminer les caractéristiques critiques permettant le bon dimensionnement des aménagements et le bon fonctionnement logistique des opérations des véhicules de TMV. Arrivée à ce stade d'analyse, il s'agit de décrire la nature des mouvements par type de commerce, en précisant notamment la typologie des véhicules et d'outils de manutention utilisés. Les données nécessaires pour cette étape sont (Alho et al., 2018; Reynaud, 2015)

- La durée des mouvements permettant de définir un taux moyen de rotation et, à priori, le nombre d'aires de livraison nécessaire pour satisfaire la demande (Barette et al., 2012) ;
- Le type des véhicules utilisés permettant de définir l'emprise des aires. Le classement des véhicules peut être effectué en fonction de plusieurs critères (Tamayo et al., 2017) :

- ✓ PTAC : C'est le Poids Total Autorisé en Charge. Il représente la masse maximale autorisée pour un véhicule routier tel que spécifié dans le code de la route. Elle comprend le poids du véhicule à vide, la charge maximale de marchandises (charge utile) ainsi que le poids maximal du chauffeur (Piarç, 2012). Ce critère permet de classer les véhicules du TMV en deux catégories : les Véhicules Utilitaires Légers (VUL) dont le PTAC est inférieur à 3,5 tonnes et les Poids Lourds (PL) dont le PTAC est supérieur à 3,5 Tonnes.
- ✓ Dimension : Cela comprend la longueur et la largeur du véhicule ainsi que la surface au sol (longueur $\times$ largeur). Ces données sont nécessaires pour le dimensionnement des aires de livraison.
- Outil de manutention utilisé en fonction du type de véhicule et du type de mouvement (enlèvement ou livraison). Ces données permettent d'approcher la part des mouvements et des véhicules nécessitant un outil de manutention. Elles permettent d'offrir une image d'ordre indicative pour le diagnostic logistique qui sert de guide pour l'aménagement des aires de livraison de façon à faciliter les opérations de manutention (Ramoneda Cuenca, 2014).

4. Localisation des aires de livraison

La localisation représente une étape primordiale dans le déploiement des aires de livraison (Tamayo et al., 2017). En effet, cette étape est basée sur l'analyse de l'accessibilité. À partir de l'étape précédente, on peut connaître quantitativement et qualitativement le détail des mouvements générés à chaque point de la zone ou tronçon d'étude. Cette information permet une évaluation beaucoup plus réelle de l'accessibilité aux conducteurs-livreurs et de déterminer les zones saturées susceptibles d'être génératrices de conflits ou d'incidents (Reynaud, 2015). À partir des conditions de circulation et de stationnement des véhicules de transport marchandises, il s'agit de définir le niveau d'accessibilité aux enseignes ou point de service. De ce fait, l'analyse de l'accessibilité est réalisée sur deux niveaux : analyse superficielle et analyse spécifique (Alho et al., 2018; Tamayo et al., 2017a).

4.1. Analyse superficielle

La première analyse du niveau d'accessibilité aux conducteurs-livreurs désigne que l'emplacement de l'aire de livraison doit se situer à proximité des commerces recevant la fréquence la plus élevée de livraisons et/ou à côté des commerces donnant lieu à une part importante des outils de manutention (Ramoneda Cuenca, 2014).

En France, par exemple, on considère que les points de vente ayant une distance inférieure ou égale à 50 mètres d'une aire de livraison présentent une accessibilité correcte. Si cette distance est supérieure à 50 mètres on considère que l'accessibilité est insuffisante (Laurence, 2013).

A l'échelle marocaine, l'étude de structuration de la logistique urbaine réalisée par l'AMD³⁹ dénote que les aires de livraison doivent être localisées sur un rayon de 30 mètres du point de commerce afin de favoriser leur utilisation. Par conséquent, le choix de la localisation des aires (Figure 27) doit être déterminé de manière à ce qu'une gestion de stationnement puisse suffire à dégager de l'espace pour les livraisons, et situées de façon à ne pas gêner la visibilité des usagers (professionnels et particuliers) sur les autres équipements de signalisation (aire de bus, panneaux, feux rouges...).



Figure 28. Exemple de localisation d'une aire de livraison

4.2. Analyse spécifique

Cette étape consiste à quantifier le niveau d'accessibilité en chaque point du trottoir en prenant en compte des différences entre ces points, il s'agit de :

- Combien de mouvements génèrent-ils?
- A quels moments de la journée les génèrent-ils?
- Quels types de véhicules les desservent?
- Quels outils de manutention utilisent les véhicules du TMV?
- Quel est le temps nécessaire à chacune de ces livraisons?

En effet, l'étape d'analyse spécifique permet d'estimer si l'offre en aires de livraison est adaptée à la demande de la zone d'étude. Aussi, elle sert à dimensionner l'aménagement nécessaire pour satisfaire cette demande (Alho et al., 2018).

En fonction des résultats de ces analyses, on peut affiner la localisation des aires de livraison et proposer les aménagements physiques à mettre en place ainsi que l'organisation spatiale et temporelle des aires de livraison. En synthèse, nous avons élaboré la figure 29 qui synthétise l'ensemble des étapes de notre démarche de préparation à la mise en place des aires de livraison.

³⁹ Idem Rapport AMDL, 2016.

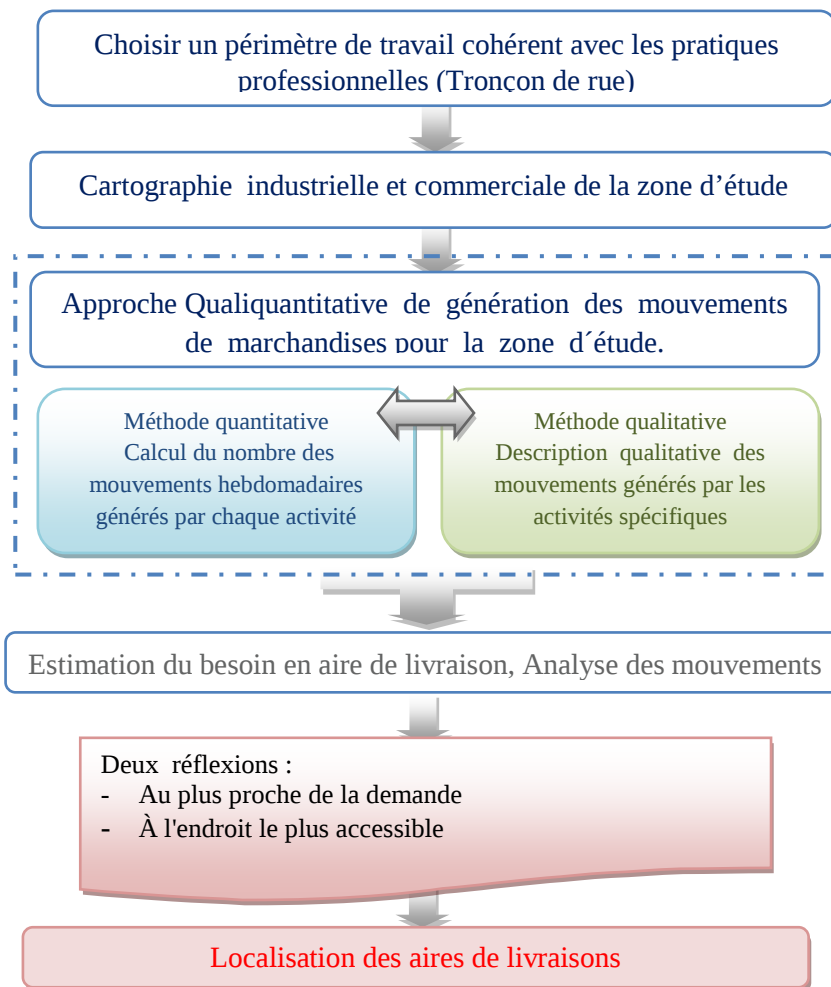


Figure 29. Démarche de conception des aires de livraison

Pour entreprendre une telle démarche, il faut d'abord établir un diagnostic des besoins en regard de la situation de la zone d'étude. Il faut que l'estimation du besoin en aires de livraison et leur dimensionnement soient conçus sur la base des données solides. De ce fait, la conduite d'une enquête sur le terrain s'avère nécessaire pour obtenir des résultats.

II. Enquête pour la préparation à la mise en place des aires de livraison - Cas d'une rue commerciale à Fès

1. Typologie des enquêtes de TMV

1.1. L'utilité d'une enquête de TMV

Au Maroc, les publications qui font état d'enquêtes sur le TMV sont rares. Encore plus rares sont les travaux méthodologiques explorés dans ce thème⁴⁰. On trouve souvent des rapports techniques et des guides nationaux plutôt que des publications scientifiques. A ce titre, il manque souvent dans ces rapports des précisions importantes, par exemple les méthodes et les procédures

⁴⁰ <http://www.amlog.ma/2012-05-31-11-24-57/amlog-dans-la-presse/84-enquete-transport-et-logistique-un-tremplin-vers-la-competitivite> (Consulté le 12/04/2018)

de redressement des données ainsi que les modes de choix de l'échantillon. De ce fait, La spécificité et la contribution des enquêtes de TMV consistent en la prise en compte de l'exhaustivité du TMV ; le couplage de la méthode d'enquête aux objectifs et orientation des politiques ainsi qu'une pondération qui permet de calibrer la méthode pour d'autre cas d'étude (Patier & Routhier, 2009). Ces éléments vont nous aider à connaître et expliquer les déterminants des déplacements de marchandises en ville, et donc de :

- ✓ Réaliser un diagnostic sur les mouvements de véhicules pour connaître Qui ? (quel type de commerce) ; Quand ? (créneaux horaires critiques) ; Quoi ? (type de véhicule qui vient desservir le commerce) ; Combien ? (fréquence des livraisons/enlèvements) pour l'ensemble des activités.
- ✓ Etudier les impacts du TMV sur le trafic urbain.
- ✓ Mettre en évidence des relations d'extrapolation et de redressement permettant de transférer ses résultats à d'autres cas sans refaire ces enquêtes exigeantes plus de moyens.

Cela va nous permettre de mettre en relation l'ensemble de ces données dans un processus de modélisation pour l'aide à la décision, et de développer un modèle de simulation dynamique calibré sur les résultats obtenus de ces enquêtes.

1.2. Description des enquêtes de TMV

Dans cette section, nous adressons à travers un état d'art la diversité des méthodes employées pour la collecte d'information sur le TMV. Il s'agit des enquêtes réalisées à des fins de mesure et orientées vers la connaissance des flux du TMV. Elles importent des informations sur les usagers et les trafics de véhicules à l'échelle d'une rue, d'un quartier ou d'une région en général afin de soulever et apporter un éclairage sur un problème donné. En s'inspirant des travaux de (Allen et al., 2012; Ambrosini et al., 2010; Toilier et al., 2016), on peut distinguer :

a) Les enquêtes « Cordons & Comptages »

Il s'agit des enquêtes permettant d'appréhender les origines et destination des véhicules enquêtés sur une voirie donnée (Patier & Routhier, 2009). L'échantillon de l'enquête est constitué d'un certain nombre de véhicules positionnés au bord de la route, tout au long d'une journée.

Dans ce genre d'enquête, le chauffeur est interrogé sur l'origine, la destination de son véhicule, son objet ou motif de déplacement, ainsi que la position de ses différents arrêts dans la zone d'étude (Toilier et al., 2014). Ces enquêtes sont complétées soit par des comptages manuels ou par des comptages automatiques de trafic à l'aide de tubes pneumatiques ou de détection électromagnétiques. A travers ces deux techniques, il est possible de distinguer les véhicules légers (à deux essieux) des poids lourds (à plus de deux essieux) et d'effectuer des mesures de

vitesse, de débit et de longueur des véhicules. Ainsi que la possibilité de modification de la configuration des véhicules dans le logiciel associé au compteur (Buisson & Lesort, 2010).

b) Les enquêtes « Etablissement »

Il s'agit des enquêtes réalisées auprès des établissements qui émettent ou reçoivent des marchandises (toutes activités industrielles, commerciales ou tertiaires). A travers un documents d'informations générales, ces enquêtes permettent de décrire l'activité logistiques de ces établissements (Patier & Routhier, 2008). En effet, ce document rassemble des informations relatives à la quantité de mouvements, le déroulement des opérations (lieu, heure, fréquence, type de véhicule, durée de la manœuvre...) et les produits transportés (nature, conditionnement, poids, origine ou destination) (Toilier et al., 2016a).

c) Les enquêtes « Usage des véhicules de livraison »

Dans le cadre de l'usage des véhicules du TMV, deux types d'enquêtes peuvent être réalisés (Allen et al., 2012):

- Les enquêtes qui concernent les poids lourds ayant un PTAC plus de 3,5 tonnes. Elles sont réalisées à travers un carnet de bord, envoyé tout au long de l'année aux chauffeurs-livreurs, décrivant les trajets effectués par le véhicule (origine, destination, marchandises transportées, trajets à vide, l'emplacement et le temps des arrêts, les moyens de manutention utilisés). Ce genre d'enquête permet d'estimer le trafic réalisé chaque année par les véhicules concernés et d'en faire le lien avec la marchandise transportée.
- Les enquêtes qui concernent les véhicules utilitaires légers ayant un PTAC moins de 3,5 tonnes. Dans ce cas, chaque propriétaire reçoit un questionnaire par la poste et donne des informations sur l'usage annuel des véhicules (part de l'usage personnel ou professionnel, urbain ou interurbain, part de marchandises, outils, matériel, personnes). Ces enquêtes permettent d'évaluer l'usage des VUL et leur circulation.

d) Les enquêtes « Suivi des marchandises »

Ces enquêtes permettent de suivre le cheminement des marchandises en repérant les opérateurs qui interviennent tout au long de la chaîne (Guilbault & Soppé, 2009). L'objectif est d'identifier les déterminants logistiques mis en jeu afin d'analyser le comportement de chaque intermédiaire. Néanmoins, ces enquêtes rencontrent plusieurs limites car elles ne permettent pas de reconstituer les déplacements des véhicules en dernier kilomètre et ne prennent pas en compte le transport de marchandises pour compte propre (Dablanc et al., 2013).

2. Démarche de l'enquête de préparation à la mise en place des aires de livraison

Nous allons proposer à présent la démarche de notre enquête de TMV que nous avons réalisé afin d'estimer le besoin en aires de livraison au sein d'une rue commerciale et en évaluer les

existantes, la durée d'une enquête de terrain est de 6 mois (Toilier et al., 2016). Cela correspond bien à ce que nous avons retenu comme période allant de mi-Novembre 2017 à mi-Avril 2018.

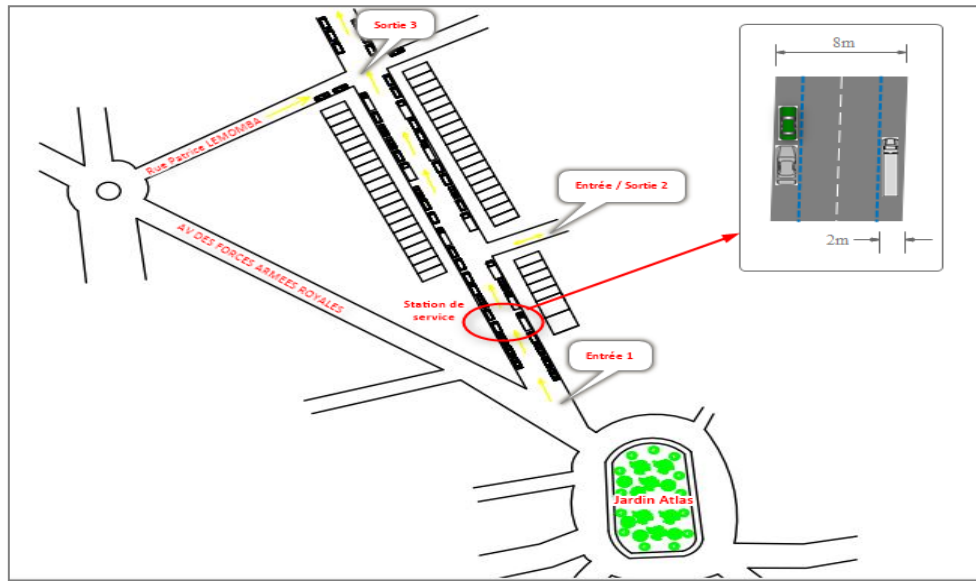


Figure 31. Schématisation du tronçon d'étude

b) Choix de la variable à mesurer

Pour répondre à notre objectif de quantification du besoin en aires de livraison, il faut se focaliser sur la gestion de l'espace urbain. La principale question qui se pose est l'occupation de la voirie par les véhicules de TMV qui entrent en question avec d'autres usages de la voirie (véhicules particuliers, piétons, espace privé réservé pour le stationnement, ...). Ainsi, il faut considérer l'occupation de la voirie selon ses deux composantes : véhicules en circulation et ceux qui sont en stationnement pour effectuer des mouvements de livraison/enlèvement ou des services. En prenant en considération la variable « Occupation de la voirie » on peut expliquer la congestion et les conditions d'accessibilité.

c) Choix de l'unité d'observation

L'objectif principal est d'observer et de comprendre comment le TMV participe à l'occupation de la voirie dans un tronçon de rue commerçante. Ce sont donc les mouvements des véhicules induits par les opérations de livraison/enlèvement qui nous intéressent davantage que les marchandises eux-mêmes. Ces mouvements désignent non seulement les déplacements de véhicules mais aussi les lieux, les conditions de stationnement et la durée d'occupation de ces lieux. Dès lors, nous avons choisi comme unité d'observation « *le mouvement* » défini comme une opération de livraison ou d'enlèvement ou autre réalisé par un véhicule auprès d'un établissement donné. En effet, l'observation du mouvement des véhicules permet de faire le lien entre les activités économiques et l'occupation de la voirie par les véhicules de TMV. Et donc

établir le rapport entre la demande de livraison ou enlèvement dans un établissement et le mode d'organisation du transport mis en œuvre pour satisfaire cette demande (Toilier et al., 2016a).

2.2. Deux types d'enquêtes : « Exploratoire » & « Etablissements - Comptage »

Notre enquête de transport de marchandises en ville s'articule autour de deux volets. En effet, deux types d'enquêtes ont été nécessaires afin de prendre en compte l'ensemble des informations dont nous avons besoin pour répondre à notre objectif. Sur le logiciel GANTT Project, nous présentons les principales phases du déroulement de cette enquête (Figure 32).

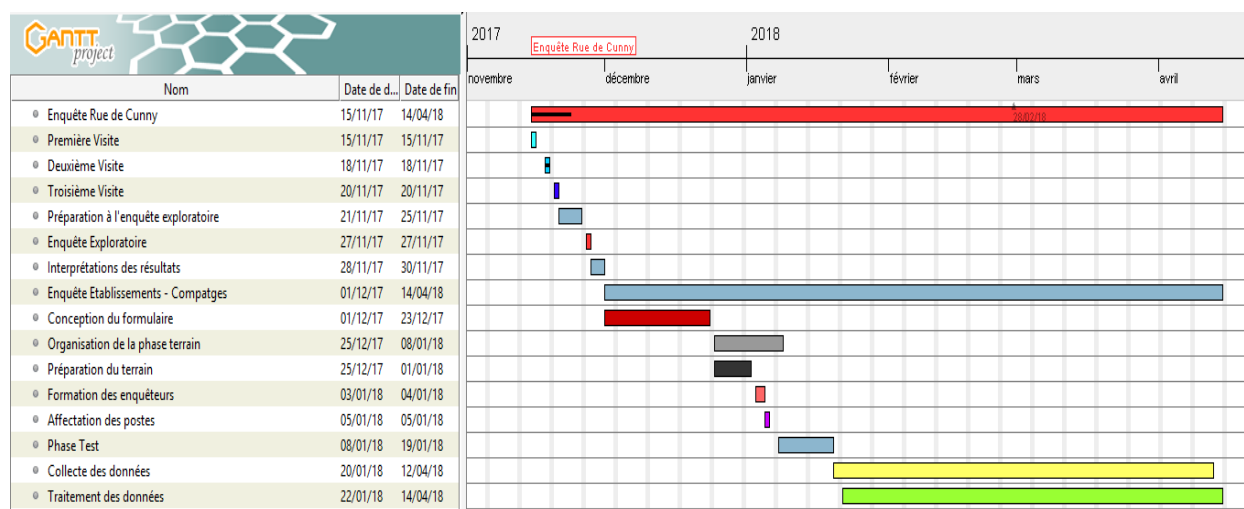


Figure 32. Planning détaillé de l'enquête de la rue de Cunny

a) Enquête exploratoire

➤ Visites de terrain :

Au préalable, un ensemble de visite sur le terrain ont été réalisées afin de charpenter une vision sur le fonctionnement logistique du tronçon d'étude. Cette étape constitue une phase pilote pour l'enquête exploratoire. Dans le Tableau 40 nous exposons les caractéristiques de chaque visite, les tâches qui ont été réalisées et les constatations déduites.

Tableau 40. Synthèse des visites de terrain

Visite	Date	Durée	Tâches effectuées	Constatations
1 ^{ère} visite	15/11/2017 (Mercredi)	10h00 à 14h00	✓ Prise des photos réelles des véhicules de TMV utilisés, et des outils de manutention. ✓ Observation de l'activité commerciale de la rue.	✓ Le 1^{er} tronçon de la rue de Cunny représente une zone à forte densité commerciale ✓ Trois types de mouvements existent : Enlèvement, livraison et service
2 ^{ème} visite	18/11/2017 (Samedi)	09h00 à 12h30	✓ Observation de l'activité commerciale du tronçon d'étude ✓ Prise de note des types d'activités présentes, des véhicules et des moyens de manutention ✓ Observation des problèmes présents	✓ Une forte activité commerciale par rapport au mercredi (1^{ère} visite) ✓ Diversité des véhicules de TMV ; ✓ Diversité des outils de manutention ; ✓ Problème d'occupation de la voirie ; ✓ Manque de places de stationnement ; ✓ Stationnement illicite
3 ^{ème} visite	20/11/2017 (Lundi)	15h00 à 17h30	✓ Rectification des données concernant le relevé de la typologie commerciale ; ✓ Observation des problèmes	✓ Même densité commerciale par rapport au samedi (2^{ème} visite) ; ✓ Encore le problème de congestion, à cause du stationnement en 2^{ème} position ou sortie ou entrée de deux véhicules au même temps.

Au cours de ces visites exploratoires, nous avons pris des photos réelles exposant les problèmes rencontrés qui se manifestent principalement dans la congestion, les pratiques de stationnement anarchique, et l'occupation de l'espace public (Annexe 1). En résultat, nous avons pu construire une première idée sur le fonctionnement logistique de la rue de Cunny et plus particulièrement au niveau du 1^{er} tronçon. En résultat, nous avons élaboré le Tableau 41 qui indique la typologie des véhicules de transport de marchandises en fonction de plusieurs paramètres⁴¹.

Tableau 41. Classement des véhicules de TMV du tronçon d'étude

Catégorie	Véhicule	Type	PTAC	Longueur (m)	Longueur Max	Largeur (m)	Surface au sol (m ²)	Code	
Motocycle		Triporteur	< 1 t	3,5	< 4	1,5	5,25	R	R2
		Moto	100kg	2		0,5	1		R3
Traction animale		Traction animale	< 1 t	4	4 < L < 5,5	1,5	6		R1
Véhicule particulier		Mini –citadine	< 1 t	3,53		1,59	5,61	1,75	VP
		Citadine		3,94		1,68	6,62		
		Compacte		4,25		1,76	7,48		
		Berline		4,72		1,79	8,44		
		Monospace Compacte		4,23		1,76	7,44		
		Monospace		4,67		1,84	8,59		
		Crossover		4,52		1,86	8,40		
		Coupée		4,49		1,83	8,21		
		Cabriolet		4,16		1,71	7,11		
Véhicule Utilitaire Léger (PTAC < 3,5 t)		Mini Truck de type (Pick up & Van)	< 1 t	4,30		1,80	7,74		VUL1
		Fourgonnette	< 1 t	4,21		1,82	7,66		VUL2
		Véhicule de type Pick up	< 1 t	5,04		1,86	9,37		VUL3
Véhicule Utilitaire Léger		Fourgon	1 < PTAC < 3,5 t	6,19	6 < L < 8	2,07	12,81		VUL4
		Camionnette	1 < PTAC < 3,5 t	7		2,20	15,4		VUL5
Poids lourds PTAC > 3,5 t		Petit Camion (2 essieux)	3,5 < PTAC < 8 t	8	+ 8	2,30	18,4	PL	PL1
		Camion matériaux	8 < PTAC < 14 t	10		2,50	25		PL2
		Semi remorque	PTAC > 14	13,6		2,55	34,68	PLL	

⁴¹ Source : Arrêté du ministre de l'équipement, des transports et de la logistique n° 2730-10 du 19 moharrem 1432 (25 décembre 2010) relatif à l'homologation des véhicules, de leurs éléments et accessoires

➤ Déroulement de l'enquête exploratoire :

Par la suite, nous avons décidé de mener une enquête exploratoire qui s'adresse aux établissements de l'aire d'étude à travers une série d'entretiens individuels. L'objectif est d'enrichir nos connaissances sur le champ d'investigation, d'éclaircir la situation de la rue et de savoir les solutions proposées par ces établissements pour améliorer le fonctionnement logistique de la rue. De telles données ne sont pas collectées par les méthodes statistiques. Il est donc nécessaire d'enquêter les établissements générateurs de flux. S'agissant de 42 établissements présents sur le tronçon d'étude, nous avons construit un échantillon de 23 établissements représentant les différents types d'activités (Tableau 42).

Tableau 42. L'échantillon de l'enquête exploratoire de la rue de Cunny

Catégorie	Activité	Nombre de répondants
Matériaux de construction	Cimenterie, Bois	1
	Matériaux ferreux	1
	Céramique, Marbre et Granite	2
Equipement	Equipement agricoles, Industriels, électriques et hydroélectriques	3
Services	Banques	1
	Bureaux de service	4
Droguerie	Droguerie générale	5
	Outillage électrique	4
	Sanitaire	1
Concessionnaire auto	Vente accessoires auto	1

L'enquête a été réalisée sur une journée en deux phases: une première phase allant de 9h30 à 12h30 auprès de 12 répondants. Une deuxième phase entre 15h00 et 17h00 auprès de 11 répondants. Par conséquent, nous avons employé une durée de 10 à 15 min à chaque entretien. Pour conduire ces entretiens, nous avons construit un guide (Tableau 43) qui s'articule autour de trois axes sur lesquels nous souhaitons recueillir des informations.

Tableau 43. Guide d'entretien de l'enquête exploratoire de la rue de Cunny

Axe n°1 : Situation générale de l'activité commerciale dans la rue ✓ Périodes de baisse ou de d'augmentation de l'activité commerciale ✓ Problèmes survenues habituellement Axe n°2 : Activité générale de l'établissement ✓ Opérations de livraison réalisées habituellement sur une semaine ✓ Jour de livraison ; fréquence de livraison ; période de livraison ✓ Typologie des véhicules effectuant la livraison Axe n° 3 : Solutions proposées (Projet d'implantation des aires de livraison)
--

➤ Discussion des résultats :

Nous allons à présent discuter les résultats obtenus de cette enquête. Concernant, le premier axe relatif à la situation générale de l'activité commerciale de la rue de Cunny, nous avons laissé libre aux répondants d'exprimer leurs regards vis-à-vis cette situation. En effet, la plupart des

interviewés insistent sur le fait que la rue de Cunny représente un bassin à forte densité commerciale de part la diversité des activités et des produits caractérisant cette zone. Ils ont confirmé également que l'activité commerciale connaît des périodes de baisse et d'augmentation en fonction des conditions climatiques (journée pluvieuse/ensoleillée), des périodes de congés des établissements et des jours fériés. En faisant l'analyse par semaine, les répondants ont confirmé que la tendance de l'activité commerciale est la même entre le Lundi et le Samedi, tandis qu'elle varie sur les autres jours de la semaine. D'autre part, les répondants ont soulevé un ensemble de problèmes qui contraignent l'organisation du transport de marchandises et freinent le développement de l'activité commerciale. Ces problèmes se manifestent dans le manque d'espace de stationnement. La plupart des véhicules de livraison ne trouvent pas un espace de stationnement à proximité du commerce. Par conséquent, ils optent pour un stationnement illicite souvent en 2^{ème} position accentuant ainsi la congestion au niveau de la voirie. Un autre problème est celui du blocage de la circulation causé par le l'entrée ou la sortie de deux véhicules à la fois vue qu'il s'agit d'une rue commerciale étroite (environ 8 mètre de largeur y compris deux mètres sur les deux cotés réservé au stationnement).

Concernant, le 2^{ème} axe relatif à l'activité commerciale de chaque établissement. Les commerçants se font livrer essentiellement par leur porte d'entrée principale. Les livraisons sont réalisées majoritairement le Lundi et le Samedi entre 9h et 11h30 (presque la moitié) soit par des véhicules utilitaires légers ou par des camions. Lorsqu'il s'agit des gros tonnages effectués par des semi-remorques, le commerçant doit être informé avant l'arrivée des marchandises afin de pouvoir réserver à l'avance un espace de stationnement. Ce genre d'opérations se fait souvent à la fin de la journée à partir de 19h00 ou très tôt le matin vers 6h00. Les répondants ont évoqué également que la plupart d'entre eux choisissent des points d'arrêts plus proches pour faciliter les tâches de manutention et éviter les risques de casse et d'endommagement de la marchandise.

Concernant le dernier axe relation aux solutions proposées par ces établissements. Plusieurs répondants ont soulevé l'importance de la réglementation des horaires de livraison (réservation d'une période pour les opérations de livraison). Ainsi, un responsable d'un établissement de vente des équipements industriels a mis en évidence que les aires de livraison peuvent être de véritables catalyseurs d'une gestion de livraison réussie. D'autres répondants ont proposés l'idée de trouver d'autres espaces de stationnement, à proximité de la rue, pour les véhicules particuliers pourvue de fluidifier la circulation dans la rue.

Pour conclure, cette enquête exploratoire nous a permis de comprendre la situation du transport de marchandises dans la rue de Cunny et de recueillir les informations dont nous avons besoins pour établir les formulaires de base de la deuxième enquêtes.

b) Enquête «Etablissements-Comptage»

➤ **Modalités d'organisation de l'enquête :**

Il s'agit d'une approche hybride entre deux d'enquêtes: enquête de type établissement et enquête de type comptage. En effet, les deux enquêtes ont été administrées en parallèle au niveau du tronçon d'étude sur une période allant du 1 Décembre 2017 au 14 Avril 2018.

Cette période comprend la phase de la préparation de l'enquête, la phase test et la collecte effective et traitement des données. Concernant l'enquête établissement, puisque nous choisissons comme unité d'observation le « mouvement des véhicules », celle-ci permet de décrire l'activité logistique de l'ensemble des véhicules empruntant cette zone. Dès lors, nous avons élaboré un formulaire qui rassemble les informations relatives au nombre de mouvements générés par chaque type de véhicule en fonction de plusieurs paramètres que nous avons identifiés sur la base de l'enquête exploratoire et en se référant au guide d'aménagement des aires de livraison⁴². Ces informations concernent:

- ✓ L'heure d'arrivée et de départ de chaque type de véhicule ;
- ✓ Les types d'activités consultées ;
- ✓ Le type de mouvement (livraison ; enlèvement ou autre (service, demande d'information...))
- ✓ La distance entre point d'arrêt du véhicule et le point de vente ou de service
- ✓ Le mode de stationnement du véhicule (autorisé ; non autorisé) ;
- ✓ L'outil de manutention employé ;

Concernant le comptage du trafic, nous avons procédé par une technique de comptage manuel de l'ensemble des véhicules entrant et sortant au niveau du périmètre d'étude. Ce type d'enquête est généralement consolidé et complété par des comptages automatiques à l'aide des câbles ou des boucles magnétiques, ou en utilisant la technique de la vidéo surveillance qui permet la reconnaissance et le comptage du trafic. L'utilisation de ces techniques de comptages est conditionnée par l'obtention d'une autorisation auprès des autorités de la sûreté nationale et la gestion urbaine. Dans cette optique, nous avons procédé par une demande d'autorisation que malheureusement n'a pas été aboutie. C'est ce qui explique désormais le recours à la technique du comptage manuel.

➤ **Conception des formulaires :**

Comme déclaré précédemment, deux formulaires seront nécessaires pour couvrir tous les volets de notre enquête : un formulaire « Etablissement » et un autre de « Comptage » (Annexes 2 & 3). Pour élaborer ces formulaires plusieurs réunions de travail et de discussion, au niveau de l'équipe de recherche, ont été réalisées afin de faciliter au mieux la tâche aux enquêteurs sur le terrain.

⁴² Idem CERTU 2013

Dès lors, nous avons essayé de respecter les règles suivantes dans la conception de ces deux formulaires, à savoir :

- ✓ Chacun doit comporter une étiquette identifiant le nom et prénom de l'observateur, le libellé de la zone d'étude, le poste d'affectation, le numéro de la rotation (période d'enquête) et l'heure de début et de fin de la collecte des données. Cela constitue le seul moyen pour suivre l'enchaînement de remplissage des formulaires de bout en bout tout au long période de collecte des données sur le terrain.
- ✓ De la même façon, les deux formulaires doivent comporter le tableau représentatif des catégories des véhicules en fonction de leur codification afin de faciliter le remplissage de ces derniers par l'observateur.
- ✓ L'ordre des cases de données à remplir doit respecter une suite logique pour faciliter le travail des observateurs sur le terrain.
- ✓ La mise en page des deux formulaires doit permettre d'éviter des erreurs (lisibilité, emplacement des nomenclatures, homogénéité des types de caractère, espace suffisant pour le remplissage...)
- ✓ Concernant le formulaire « Etablissement », un tableau représentatif des outils de manutention a été déposé en haut pour faciliter le remplissage de la case concerné par les codes représentant chaque outil de manutention.

c) Préparation de la phase terrain

➤ Encadrement des enquêteurs :

Au préalable de la mise en œuvre de l'enquête sur le terrain, nous avons procédé à l'encadrement, via une formation, de l'ensemble des enquêteurs retenus pour la réalisation de l'enquête. En plus des membres de notre équipe de recherche, des étudiants de la licence professionnelle option industrielle et internationale de l'Ecole Supérieure de Technologie de Fès (EST) ont accepté volontairement de participer à l'enquête. Ce choix se justifie par le fait que cette catégorie d'enquêteurs représente un certain niveau de responsabilité, de maturité et dispose d'un bagage technique et scientifique dans le domaine de la logistique et du transport, ce qui nous facilite l'explication de l'objet de l'enquête et de l'ensemble des tâches à effectuer.

Dès lors, cette formation a été réalisée sur deux jours vu la disponibilité des enquêteurs. A travers une présentation PowerPoint, nous avons expliqué l'objet de l'enquête, le périmètre d'étude (Tronçon de la rue de Cunny) et la méthodologie de remplissage des deux formulaires, à savoir celui de l'enquête établissement et celui du comptage.

Pour faciliter l'organisation de l'enquête sur le terrain, nous avons procédé à une répartition du tronçon cadre d'étude en postes de 30 m de longueur représentant ainsi un nombre entier des établissements. Cette distance n'a pas été choisie aléatoirement, elle constitue le résultat de plusieurs observations pour tester la visibilité des observateurs concernant le mouvement des véhicules sur le terrain. Dès lors, cette distance comprend un champ permettant l'observation de 5 à 6 véhicules mesurant 5 m de longueur. Au niveau de chaque poste, nous avons affecté une ou deux personnes selon le nombre et la disponibilité des observateurs. La figure 33 illustre la répartition des postes d'observation que nous avons élaboré en utilisant le logiciel Edraw Max :

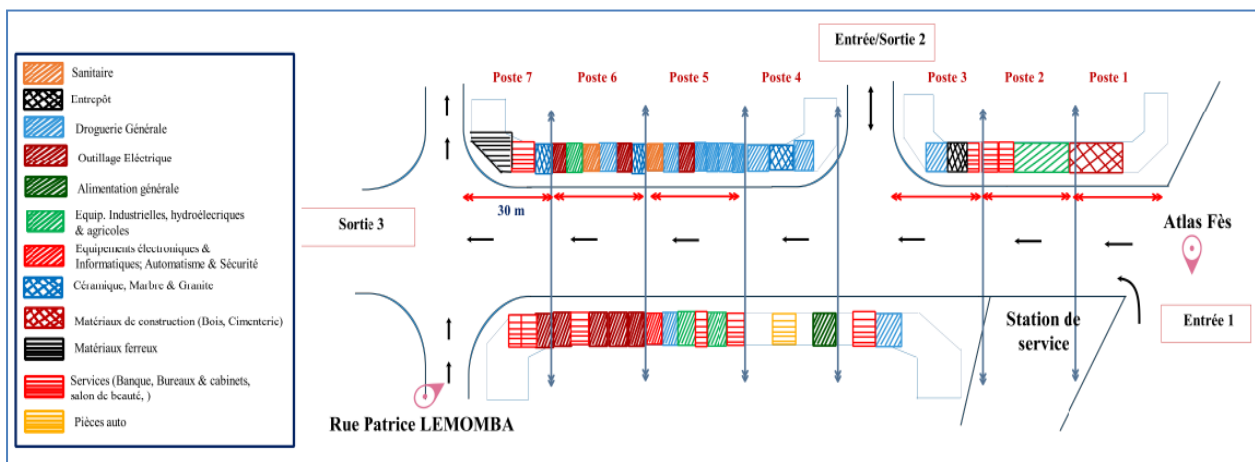


Figure 33. Répartition du tronçon d'étude en postes d'observation

2.3. Mise en œuvre de l'enquête

a) *Phase test*

Cette phase représente une étape pilote pour la réalisation de l'enquête effective. Il s'agit d'une enquête « Test » réalisée sur une journée pour valider la conception des deux formulaires et la répartition des périodes de collecte des données d'une part et tester la capacité des enquêteurs à se familiariser avec les conditions de l'enquête de terrain d'autre part. Par conséquent, cette enquête test a été réalisée le Samedi 20 Janvier 2018 en continue sur les trois périodes de la journée. En effet, 18 observateurs ont été répartis en groupe (deux personnes par groupe). 14 observateurs ont été affectés, chacun à un poste selon trois périodes (Rotations) continues de mesures. Les groupes qui se trouvent au niveau des entrées et sorties (Poste 1, Poste 3, Poste 7) de la rue vont remplir aussi le formulaire de comptage. Les deux groupes qui restent jouent le rôle des superviseurs sur le terrain. Leur rôle est de garantir le bon remplissage des formulaires, de contrôler le respect des règles d'administration de l'enquête (ordre des postes, l'emplacement des observateurs sur le terrain...) et des récupérer les formulaires auprès des observateurs à la fin de chaque période. Pour des raisons d'insuffisance des ressources humaines, la plupart des

groupes ont acceptés d'effectuer l'enquête sur deux périodes différentes de la journée. Ci-dessous le planning de l'enquête test :

Tableau 44. Planning de l'enquête test

Poste Période	Poste 1	Poste 2	Poste 3	Poste 4	Poste 5	Poste 6	Poste 7
R1 : 8h à 12h00	G5	G2	G3	G4	G1	G6	G7
R2 : 12h00 à 14h30	G2	G4	G6	G9	G8	G1	G10
R3 : 14h30 à 18h00	G5	G7	G3	G1	G9	G8	G10

Note: G1 (Groupe 1); R1: Rotation 1

Cette étape nous a permis de comprendre l'organisation des mouvements des véhicules de TMV en fonction des périodes tout au long de la journée. Ainsi que la répartition de l'activité commerciale entre les postes au niveau du tronçon d'étude.

A partir des résultats obtenus, nous avons constaté que les deux rotations R1 et R3 représentent des périodes à forte densité commerciale. Ainsi, l'évolution de l'activité commerciale varie d'un poste à un autre. En effet, les postes 3, 4, 5 et 6 font l'objet d'un nombre important de mouvements générées (livraison/enlèvement). Ces constatations constituent des hypothèses sur lesquelles nous allons se baser pour élaborer le planning de l'enquête effective.

b) Collecte des données de l'enquête effective

Puisque les modes de gestion et d'organisation des mouvements de marchandises sont variables sur une semaine en fonction des postes et des périodes, nous avons procédé à la réalisation de l'enquête en se basant sur les hypothèses suivantes :

- ✓ H1 : la tendance de l'activité commerciale est la même pour les Lundi et les Samedi;
- ✓ H2 : la tendance de l'activité commerciale varie dans le reste de la semaine (hors Dimanche);
- ✓ H3 : la plupart des livraisons sont réalisées au début et à la fin de la semaine.
- ✓ H4 : les postes 3, 4, 5 et 6 représentent des zones commerciales denses ;
- ✓ H5 : les deux rotations R1 et R3 représentent des périodes à forte densité commerciale.

En fonction de la disponibilité des ressources humaines, nous avons affecté un observateur à chaque poste durant une période déterminée vu que l'ensemble des observateurs ont maîtrisé la démarche. Le planning (Annexe 4) décrit la configuration des sept semaines que nous avons retenue pour la collecte des données de l'enquête.

c) Saisie & Traitement des données

Pour ne pas être débordé vu la rapidité de l'accumulation des données sur le terrain, nous avons procédé par une saisie au fur et à mesure de la collecte des données. Au préalable à la saisie, nous avons procédé par une vérification des champs remplis dans l'ensemble des formulaires afin de vérifier la validité des informations. Ensuite, La saisie des données a été effectuée sur Excel et sur plusieurs feuilles de calculs en fonction des résultats voulus. Dans ce sens, nous

avons élaboré un ensemble de tableaux en fonction des jours de la semaine et des rotations. L'ensemble des tableaux sont présentés en détails dans les annexes de 6 à 12.

3. Résultats

Sur la base des données collectées à travers l'enquête que nous avons réalisée que sur le tronçon de la rue de Cunny, nous allons dresser à présent l'ensemble des étapes de conception des aires de livraison avec les résultats obtenus au niveau de chaque phase

3.1. Quantification du besoin en aires de livraison

Premièrement, à travers les visites de terrain, nous avons élaboré la cartographie commerciale et industrielle du premier tronçon de la rue de Cunny (Figure 34).

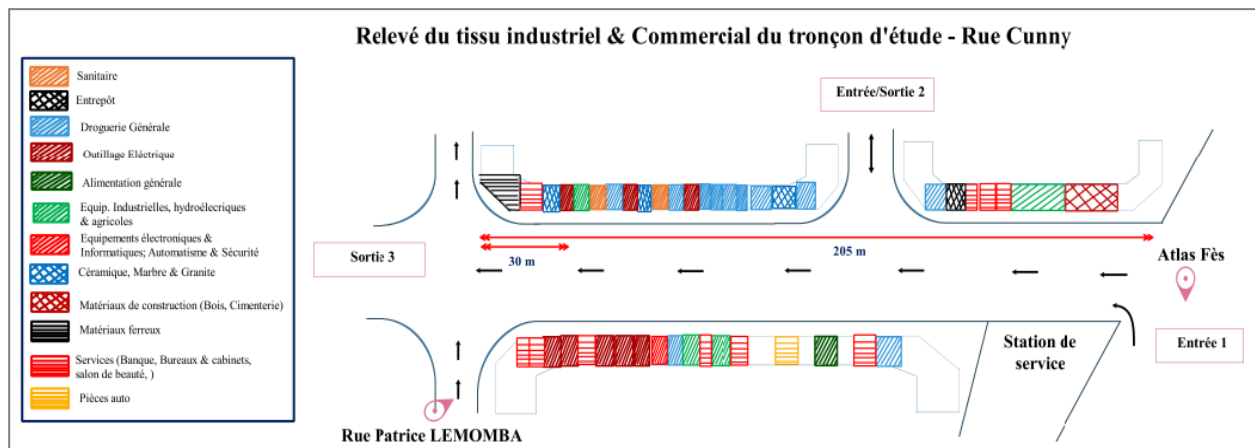


Figure 34. Cartographie de la typologie industrielle et commerciale du tronçon d'étude

Sur la base de ce relevé et des données de l'enquête « Etablissements » qui concernent les mouvements hebdomadaires générés par chaque établissement (Tableau 45), nous avons pu calculer le nombre théorique des aires de livraison.

Tableau 45. Synthèse des mouvements générés par chaque établissement du périmètre d'étude

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	vendredi	Samedi	Somme des mouvements par semaine	Nombre de point de vente	Ratios de mouvementst	Ratios de Mvts (Arrondi à l'entier supérieur)
Activité	Nbre Mvts	Nbre Mvts	Nbre Mvts	Nbre Mvts	Nbre Mvts	Nbre Mvts				
Services (Banque, Bureaux & Cabinets,	8,0	7,0	2,0	6,0	3,0	6,0	32,0	11	2,9	3
Droguerie générale	14,0	12,0	4,0	12,0	6,0	16,0	64,0	10	6,4	6
Entrepôt	3,0	3,0	1,0	2,0	0,0	2,0	11,0	1	11,0	11
Equipement (industriels, Agricoles &	7,0	5,0	3,0	6,0	2,0	8,0	31,0	4	7,8	8
Matériaux de construction (Bois,	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0	9,0	1	9,0	9
Céramique, Marbre & Granite	4,0	3,0	1,0	3,0	2,0	3,0	16,0	3	5,3	5
Alimentation générale	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	11,0	1	11,0	11
Pièce détachées auto	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	5,0	1	5,0	5
Sanitaire	3,0	2,0	0,0	1,0	1,0	2,0	9,0	2	4,5	5
Outillage Électrique	13,0	11,0	3,0	11,0	3,0	14,0	55,0	8	6,9	7
Matériaux ferreux	2,0	1,0	0,0	1,0	0,0	2,0	6,0	1	6,0	6
Equipement Electronique automatique	2,0	1,0	0,0	2,0	0,0	3,0	8,0	1	8,0	8
TOTAL	61,0	49,0	16,0	49,0	21,0	61,0	257,0	TOTAL	83,8	84

Selon les résultats de l'enquête 60% des livraisons sont effectuées entre 8h et 12h. Ainsi, une aire de livraison peut traiter en moyenne quatre livraisons par heure (Tamayo et al., 2017).

En considérant que l'activité commerciale est réalisée 6 fois par semaine. Donc une aire de livraison permet de traiter 6*16 livraisons. Soit 96 livraisons par semaine.

Le nombre théorique d'aires de livraison est obtenu en additionnant les mouvements (Mvts) hebdomadaires générés par chacun des établissements présents sur le périmètre d'étude (257 mouvements) puis en divisant par le nombre moyen de mouvement hebdomadaires pouvant être traités par une aire de livraison, utilisée à son plein potentiel. Par conséquent, le tronçon cadre d'étude nécessite l'aménagement de 3 aires de livraison :

$$\text{Nombre théorique d'aires de livraison} = \frac{\sum \text{Nombre de commerce par type} \times \text{ratio Mvts}}{\sum \text{Mvts générés par une aire de livraison en plein potentiel}}$$

$$\text{Nombre théorique d'aires de livraison} = \frac{257}{96} = 2,6770833$$

Toutefois, selon les principes de dimensionnement, il est souhaitable de connaître les conditions de génération des mouvements pour déterminer les dispositions à mettre en œuvre. La partie analyse des mouvements permet ainsi d'affiner cette contrainte.

3.2. Analyse de la génération des mouvements

a) Typologie des véhicules

Commençant par la typologie des véhicules empruntant le périmètre d'étude. En effet, nous distinguons deux grandes catégories : les véhicules particuliers et les véhicules professionnels. Ces deux catégories comprennent quatre sous catégories : les motocycles (Moto et Triporteur), les véhicules particuliers (VP), les véhicules utilitaires légers (VUL) et les poids lourds (PL). La première catégorie est caractérisée par une longueur n'excédant pas 4m. Les véhicules particuliers, les fourgonnettes et les mini trucks représentent la deuxième catégorie ayant une longueur entre 4m et 5,5m. Ainsi, les fourgons et les camionnettes ont été regroupés dans une catégorie ayant une longueur entre 6m et 8m. La quatrième catégorie des véhicules représentée par les poids lourds ayant une longueur excédant 8m. Le taux d'utilisation de chaque sous catégorie durant l'enquête est illustré dans la figure 35 :

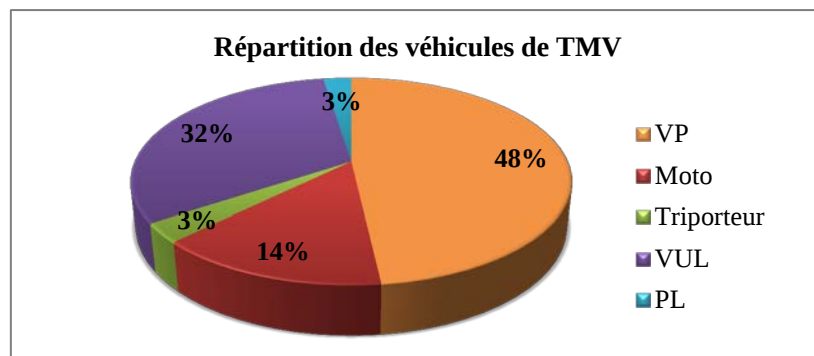


Figure 35. Répartition des véhicules de TMV dans le tronçon d'étude

Le taux d'utilisation de ces catégories de véhicules varie selon la typologie des activités présentes dans le périmètre d'étude et en fonction des jours de semaine. En effet, comme nous avons signalé précédemment, la tendance de l'activité commerciale du tronçon d'étude suit une logique de up et down. Cela signifie qu'il ya des jours à forte activité commerciale et des jours moins. A l'issue des résultats obtenus durant les sept semaines de l'enquête, nous avons élaboré le graphique 36 qui illustre la moyenne de la tendance de l'activité commerciale répartie par jours et en fonction des types de véhicules.

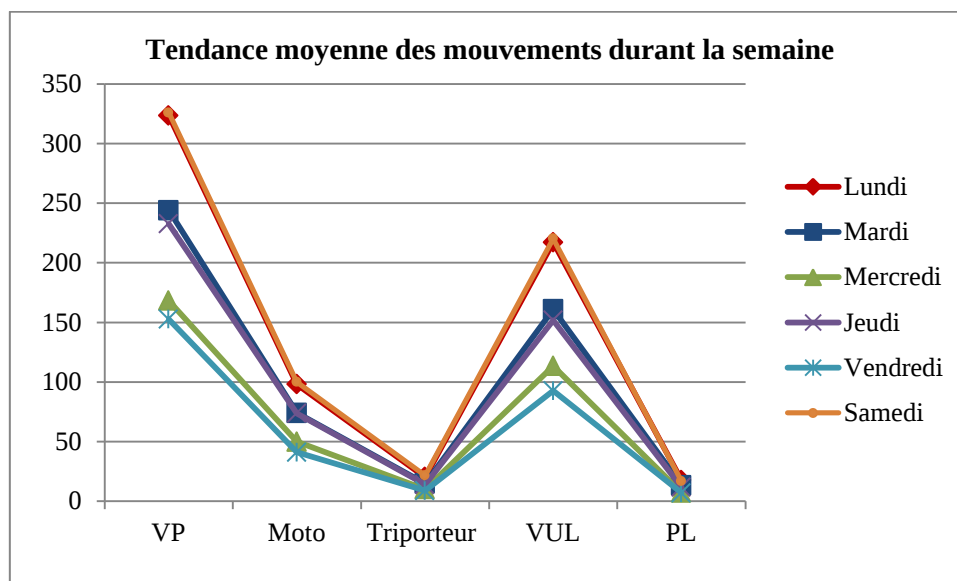


Figure 36. Tendance des mouvements selon le jour de la semaine

Au terme de ces résultats, on peut distinguer trois paires de tendance classées par priorité (Lundi, Samedi) ; (Mardi, Jeudi) et (Mercredi, Vendredi). Les Lundi et Samedi représentent des jours à forte densité commerciale. Ces résultats confirment désormais les hypothèses générées avant la réalisation de l'enquête. D'autre part, la présence des poids lourds est un élément déterminant pour le dimensionnement des aires de livraison. La répartition des véhicules par type d'activité est fournie dans la figure 37. Fort logiquement, les poids lourds sont essentiellement utilisés par les établissements de vente des matériaux de construction (29%), des équipements et les sanitaires (6% à 7%). Les VUL sont au cœur des mouvements (25% à 52%). La part des véhicules particuliers est importante dans toutes les activités puisqu'il s'agit des mouvements de livraison et d'enlèvement de marchandises.

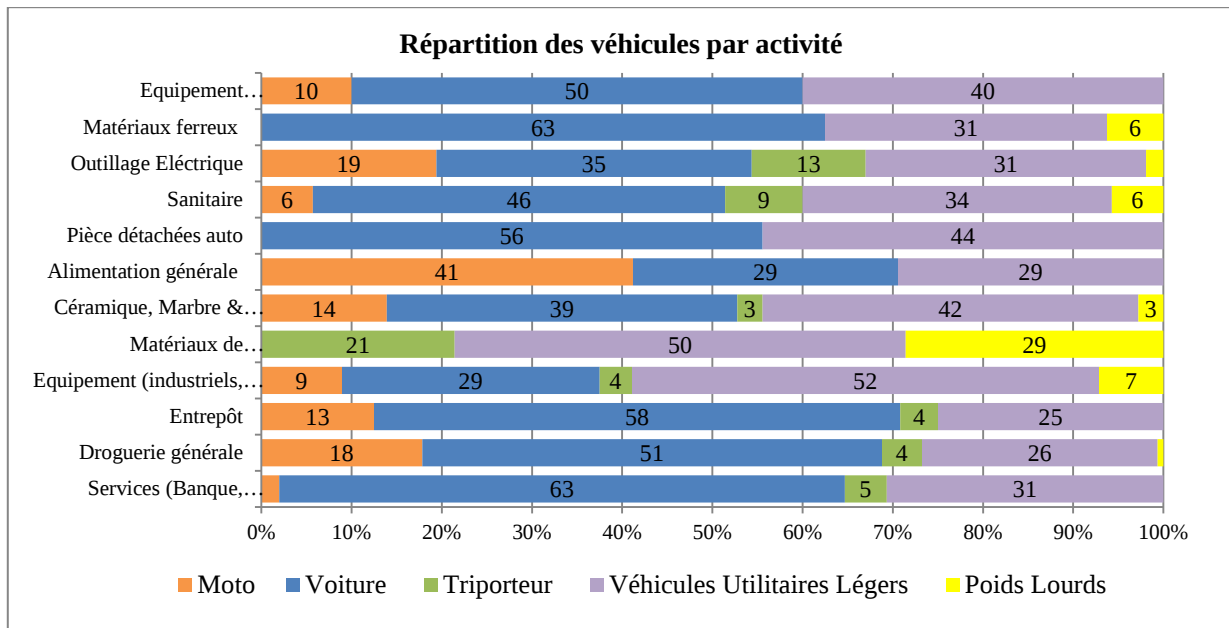


Figure 37. Typologie des véhicules utilisés dans chaque activité

En effet, à partir du nombre de mouvement générés et la répartition des véhicules pour chaque activité, il est possible de préciser alors l'emplacement des aires de livraison adaptée à ceux-ci. Les résultats obtenus à partir de l'enquête (Figure 38) dénotent que 80% des opérations de livraisons sont effectuées par les VUL et 19% par des poids lourds.

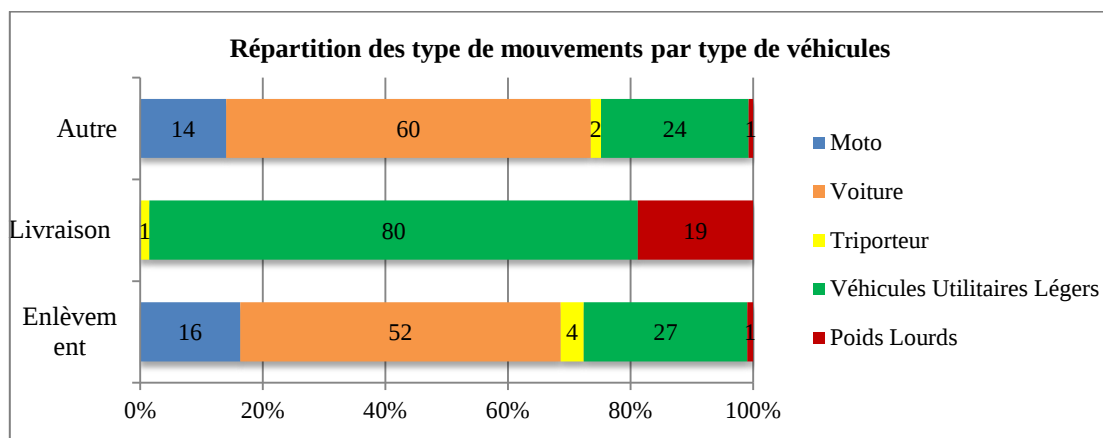


Figure 38. Taux d'utilisation des véhicules par type d'opération

b) Durée des mouvements

La durée des mouvements constitue une donnée importante pour la quantification des aires de livraison. Elle permet de déterminer le taux de rotation possible par aire de livraison.

La figure 39 synthétise la répartition les durées moyennes observées pour chaque type d'opération effectuées lors de l'enquête de terrain :

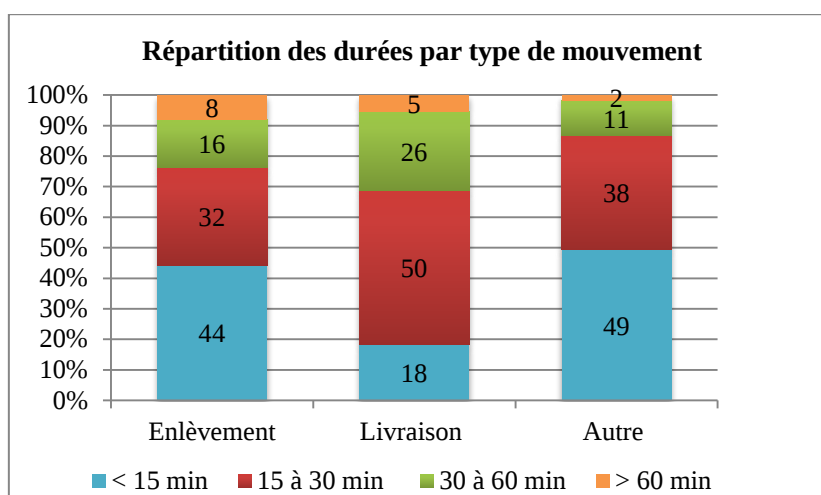


Figure 39. Répartition des mouvements par durée

Plus que 70% des mouvements d'enlèvements et 68% des mouvements de livraison ont une durée qui ne dépassant pas la demi-heure. Les mouvements qui durent entre 30 et 60 min représentent principalement des livraisons (26%). Concernant les autres services, 87% de ceux-ci ne dépassent pas les 30 minutes. La figure 40 représente la répartition de la durée des mouvements selon le type de véhicule :

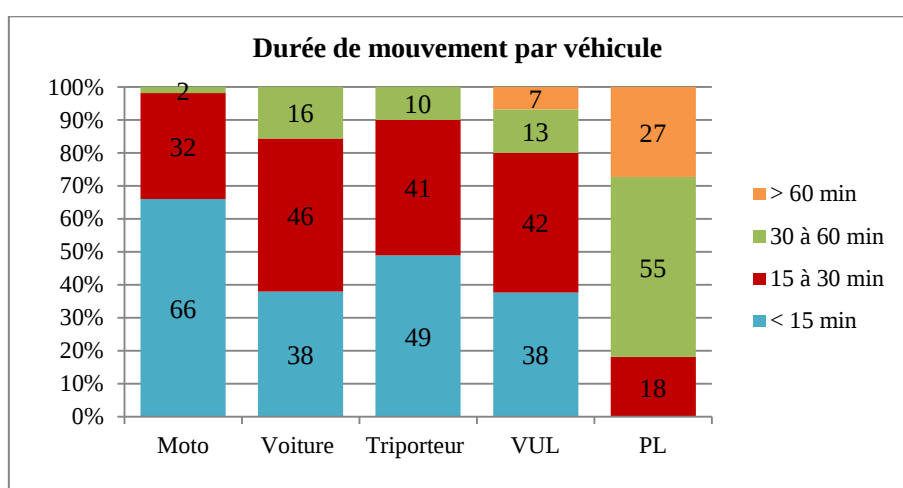


Figure 40. Répartition des durées de mouvements par type de véhicule.

En effet, les durées dépassant les 60 minutes correspondent généralement aux opérations liées aux poids lourds. Par contre pour les VUL cela représente des situations de stationnement. Pour les autres catégories la plupart des véhicules ne dépassent pas les 30 minutes. Pour les 20% des durées qui dépassent les 30 minutes correspondant aux véhicules particuliers, il s'agit des situations de stationnement des propriétaires des établissements (les points de ventes ou les cabinets et agences).

c) Type de manutention

La détermination des parts des mouvements nécessitant un outil de manutention constitue une donnée importante pour le dimensionnement et l'aménagement des aires de livraison. En outre,

les investigations ont permis de mettre en évidence le fait que 65% des mouvements réalisés par les poids lourds donnent lieu à une manutention par diable, chariot, brouette et transpalette qui représente 30%. La figure 41 récapitule les résultats obtenus :

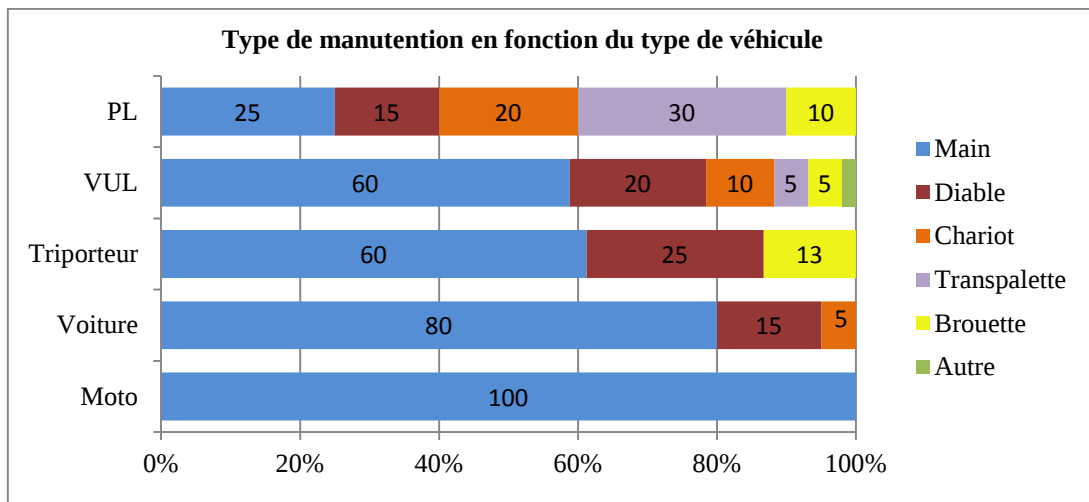


Figure 41. Taux d'utilisation des outils de manutention par type de véhicule

Pour les VUL 60% des mouvements sont réalisés à la main et 40% en diable, chariot, transpalette et Brouette. L'usage des moyens de manutention est lié aussi au type d'activité. La figure 42 fournit l'information sur le taux d'utilisation de chaque moyen de manutention par activité. Ces données sont essentielles pour une bonne adaptation de l'offre en aires de livraison à la demande. Pour cela l'abaissement du trottoir pour une partie de l'aire est important afin de faciliter les opérations de manutention.

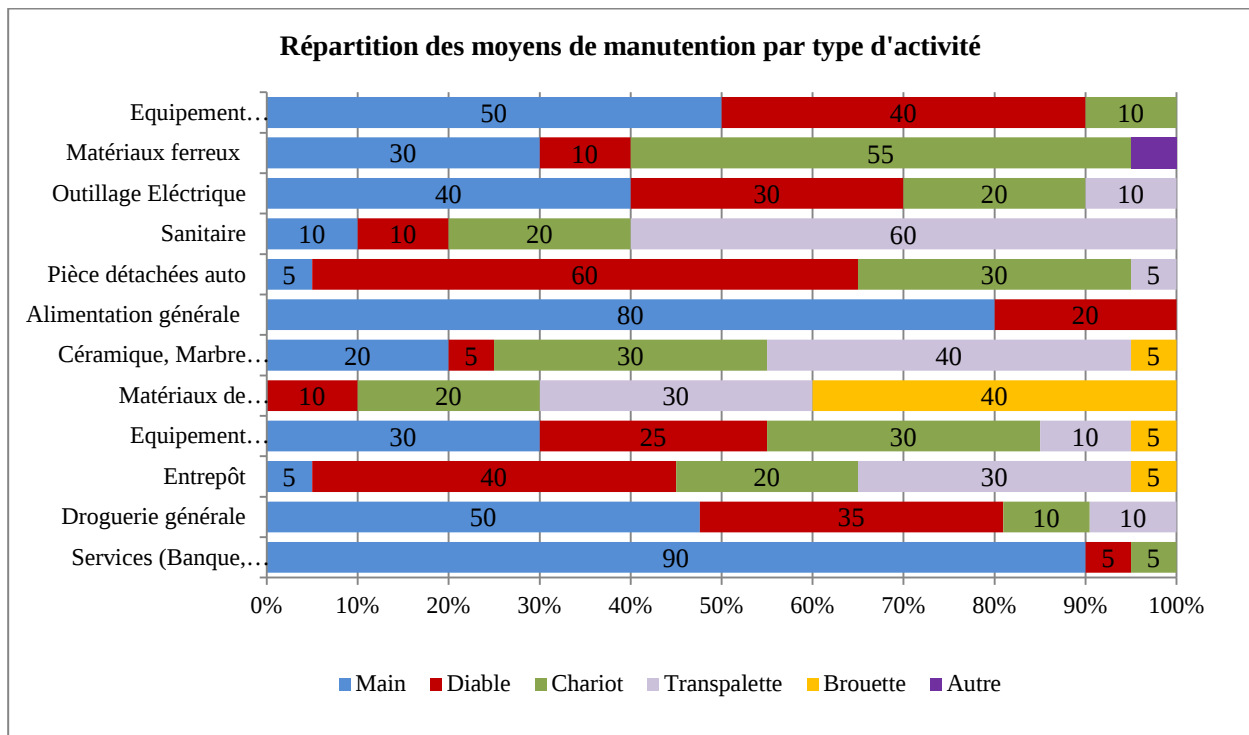


Figure 42. Taux d'utilisation des outils de manutention par activité

3.3. *Elaboration du plan de localisation des aires de livraison*

Comme cité précédemment, la localisation des aires de livraison est basée sur deux types d'analyse. D'une part, l'analyse superficielle désigne que l'emplacement de l'aire doit se situer à proximité des commerces recevant la fréquence la plus élevée de livraisons et/ou à côté des commerces donnant lieu à une part importante des outils de manutention (Tamayo et al., 2017). A partir de l'étape d'analyse des mouvements on connaît les détails des mouvements générés à chaque point du périmètre d'étude. Ces informations permettent une évaluation réelle de l'accessibilité des conducteurs-livreurs et une détermination des zones susceptibles d'être génératrices de conflits.

Le tronçon cadre d'intervention représente l'exemple d'une rue étroite à forte activité commerciale mono file longée par deux couloirs de stationnement sur les deux cotées de 2m de largeur. Dans ce cas, il est intéressant de placer une aire de livraison en encoche (c'est-à-dire sur le trottoir) puisque le trottoir à gauche est large (4m) et ne dispose pas d'arborisation, et les deux autres à droites en demi-encoche (à cheval entre la chaussée et le trottoir) puisque ce dernier mesure 2,5m en largeur.

D'autre part, l'analyse spécifique permet de prendre en compte la typologie des véhicules et des outils de manutention dans la localisation des aires de livraison. Dès lors, l'emplacement de l'aire de livraison doit se situer à proximité des commerces recevant la fréquence la plus élevée de livraisons et/ou à côté des commerces donnant lieu à de la manutention. Dans notre cas, il s'agit principalement des : Matériaux de construction, Droguerie générale, Outillage électrique, Equipement industriels, agricoles et hydroélectriques. Au sein de tronçon d'étude, selon les résultats de l'enquête, 64% des mouvements sont effectués par des véhicules stationnant dans un rayon inférieur à 30 mètres du point de vente. La figure 43 représente l'emplacement choisi des aires de livraison en prenant en considération tous ces contraintes :

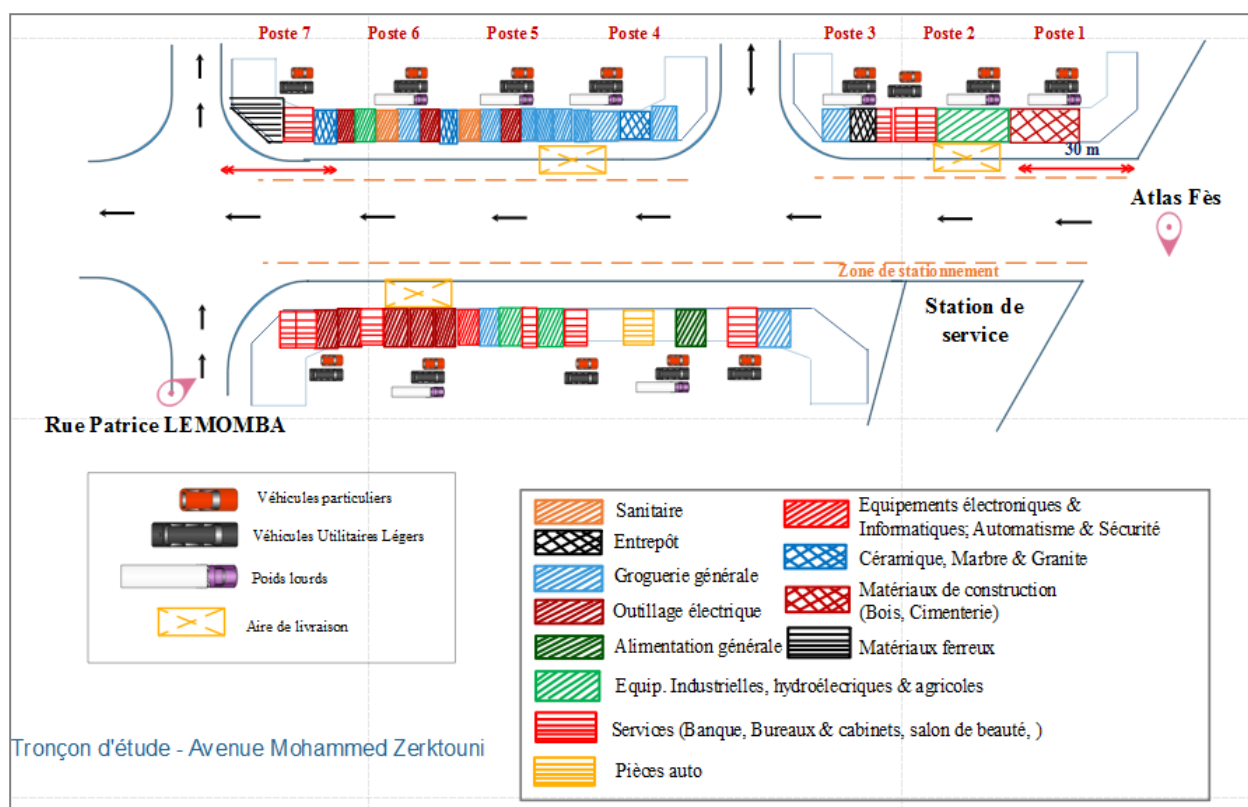


Figure 43. Plan de localisation des aires de livraison du tronçon d'étude

Conclusion

Au niveau de ce chapitre nous avons proposé une méthodologie de conception des aires de livraison en précisant les bases théoriques permettant la mise à disposition d'un tel projet. Pour entreprendre une telle démarche, nous avons développé par la suite, la méthodologie de l'enquête menée dans la Rue de Cunny en vue d'une préparation à la mise en place des aires de livraison. Nous avons précisé l'utilité de notre enquête du TMV et sa position par rapport aux enquêtes de TMV existantes. Ensuite, nous avons procédé à une explication en détail de l'ensemble des étapes que nous avons poursuivi afin de mener notre enquête. Finalement, nous avons présentés les résultats de l'application de la démarche de conception des aires de livraisons dans le tronçon 1 de la Rue de Cunny. La contribution principale est de proposer une approche que les pouvoirs publics peuvent utiliser pour saisir les besoins urbains rapidement et efficacement et permettre ainsi une réplification simple du cadre proposé dans d'autres villes.

Chapitre IV:

Mobilisation de l'outil Dynasim pour la simulation de l'impact de l'implantation des aires de livraison sur le trafic

Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'employer la simulation dynamique en mobilisant l'outil de simulation Dynasim pour évaluer l'impact de l'implantation des aires de livraison sur la fluidité du trafic routier dans le cas d'une rue commerciale.

Dans la première partie de ce chapitre, nous avons présenté les principales notions usuelles dans le domaine du trafic routier. Afin d'amorcer le choix de l'outil de simulation, nous avons proposé un panorama des modèles et outils de modélisation et de simulation de trafic routier.

Dans la deuxième partie de ce travail, nous avons développé la méthodologie de simulation DASSIA (**Delivery Areas Scenarios Simulation Approach**) issue de l'utilisation de la simulation dynamique pour évaluer les conséquences de l'implantation des aires de livraison sur l'écoulement du trafic au niveau de la zone d'étude. L'approche ainsi proposée comprend principalement trois phases: une phase de pré-simulation permettant la préparation à la réalisation du modèle et le calage des données collectées en fonction des paramètres d'entrées de l'outil de simulation. La deuxième phase concerne la réalisation du modèle et des différents scénarios de simulation. La troisième phase de post-simulation qui concerne l'analyse et la comparaison des résultats de simulation.

I. Simulation dynamique du trafic routier

1. Modèles & outils de simulation dynamique

1.1. Simulation : Généralités

Dans cette section, nous nous intéressons à faire la distinction entre la modélisation et la simulation dans le domaine du trafic routier. D'une part, La modélisation a pour finalité de concevoir un modèle permettant de mieux appréhender la réalité physique d'un phénomène ou système donné, trop complexe à appréhender directement (Costeseque, 2013). Dans le domaine du trafic, la modélisation comprend deux stratégies différentes : la première concerne l'étude du processus d'affectation. Il s'agit de la façon dont se répartit la demande sur un ensemble de chemins formant un réseau donné. La deuxième stratégie se propose de décrire l'écoulement des véhicules sur un chemin déterminé (Barcelo, 2010). Elle est donc complémentaire à la première puisqu'elle exploite ces résultats.

D'autre part, Le modèle est ensuite simulé et testé à travers des outils de simulation. Donc, la simulation va s'appuyer sur les outputs de la modélisation afin d'étudier les effets d'un ensemble d'actions sur le système étudié. La simulation du trafic constitue un outil de communication et visualisation en 2D et 3D. Elle sert pour étudier le dimensionnement et le fonctionnement des aménagements, pour estimer l'évolution des conditions de trafic sur un réseau et en évaluer les conséquences (Olivier, 2014). Le problème majeur des études de simulation dynamique est leur sensibilité aux paramètres et aux données d'entrées. Ainsi, elles nécessitent une bonne pratique des logiciels utilisés (Duret, 2013). La simulation dynamique du trafic est basée sur des modèles qui doivent être valide. Par conséquent, la calibration est une démarche essentielle pour rendre les modèles utiles. C'est un procédé d'obtention des valeurs de données de terrain, dans un environnement particulier, qui fourniront un modèle valide (Costeseque, 2013).

1.2. Echelles d'écoulement du trafic routier

Etant donnée la multitude de modèles utilisés pour décrire le comportement du trafic, il est possible de les regrouper en quatre classes, à savoir : les modèles de prévision de la demande de déplacement, les modèles de l'occupation au sol, les modèles d'écoulement de trafic et les modèles de régulation du trafic (Costeseque, 2013).

En prenant en compte le critère de variation de la demande, les modèles peuvent être statiques ou dynamiques. D'une part, les modèles statiques sont généralement utilisés pour planifier le transport à long terme. Basés sur la logique d'affectation de la demande, ces modèles permettent de prévoir le trafic pour le dimensionnement au mieux des infrastructures construites pour le long terme (Barcelo, 2010). D'autre part les modèles dynamiques déterminent l'évolution dans le temps de l'écoulement physique du trafic routier (Lopez-Neri et al., 2010). Dans ce cadre, il existe trois grandes échelles pour décrire et évaluer les phénomènes d'écoulement de trafic, en l'occurrence, macroscopique, microscopique et mésoscopique (Duret, 2013).

Le phénomène auquel on s'intéresse est la circulation des véhicules. De ce fait, nous centrons notre attention sur la présentation des modèles d'écoulement de trafic, à savoir :

a) Modèles macroscopiques

L'objet de ces modèles est de caractériser le comportement global du trafic sur une échelle d'étude relativement importante. Ils sont particulièrement employés pour la modélisation des grands réseaux (Costeseque, 2013). L'application de ces modèles couvre la simulation du trafic pour la gestion des infrastructures et de la dynamique du trafic ainsi que l'évaluation des politiques de ces gestions a posteriori. Avec l'approche macroscopique, le trafic est représenté comme un flux. Dans ce cas, on divise la route en sections homogènes auxquelles on associe des

variables globales : densité (appelée également concentration), vitesse et capacité (ou débit) (Yin & Qiu, 2011).

b) Modèles microscopiques

Dans l'approche microscopique, le trafic est représenté véhicule par véhicule. Les paramètres mis en jeu dans cette approche sont la vitesse, l'interdistance ou la densité de chaque véhicule. Deux types de modèle sont considérés : le modèle longitudinal et le modèle latéral (Duret, 2013).

- Le modèle microscopique longitudinal est utilisé pour décrire le mouvement du véhicule seul ou pour représenter son comportement de poursuite par rapport à un autre véhicule. Chaque véhicule est modélisé individuellement via son accélération à partir de lois de poursuite (accélération dépend de l'accélération du véhicule précédent et des caractéristiques de l'infrastructure). De ce fait les modèles microscopiques sont dites stochastiques.
- Le modèle latéral est utilisé pour gérer le changement de files des véhicules dans un trafic à deux ou plusieurs voies. Ce modèle intègre en général deux étapes : la prise de décision et action de changement de voie. Ce type de modèle est généralement basé sur la notion de créneau d'insertion (Olivier, 2014).

Les modèles microscopiques offrent une grande richesse de détails mais nécessitent un calibrage propre de part la variété des paramètres utilisés.

c) Modèles mésoscopiques

La modélisation mésoscopique du trafic apparait comme une approche intermédiaire entre les deux premières approches. Ils permettent de modéliser le réseau sans un grand effort sur le codage des paramètres, tout en assurant une meilleure représentation de la dynamique du trafic et les comportements individuels des participants. Ce qui les rend plus flexibles par rapport aux modèles macroscopiques (Dimon, 2012). Dans l'approche mésoscopique, le trafic est représenté par groupe de véhicules pour lesquels les activités et les interactions sont décrites à un faible niveau de détail (Yin & Qiu, 2011).

1.3. Choix de l'outil de simulation

Les modèles susmentionnés sont transcrits dans des outils de simulation dynamique. Dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons plus particulièrement aux modèles de simulation microscopiques du trafic qui offrent une grande richesse de détails, puisque notre objectif est d'étudier le mouvement de circulation et de stationnement de chaque véhicule.

a) Synthèse des outils de simulation microscopique du trafic routier

De nombreux outils existent dans la littérature pour chaque composant de la simulation (loi de poursuite, changements de files, conflits, etc.) et les logiciels commerciaux n'utilisent pas tous les mêmes modèles. La présentation de ces outils est scindée selon que les logiciels sont

purement commerciaux ou qu'ils sont issus du domaine de la recherche. En conséquence, nous dressons dans le Tableau 46 une liste des logiciels de simulation microscopique du trafic routier les plus couramment utilisés⁴³.

Tableau 46. Synthèse des outils de simulation microscopique du trafic routier

Type	Outil		Références
Logiciels Commerciaux	Aimsun	Logiciel développé et commercialisé par la société Transport Simulation Système (TSS). il permet de modéliser la circulation de tout type de réseau et de simuler différents scénarios en prenant en compte même les transports publics.	(Costeseque, 2013)
	Dynasim	Développé et commercialisé par la société Dynalogic, c'est un logiciel multimodal de modélisation et simulation microscopique. Il permet de modéliser aussi finement que possible l'écoulement du trafic sur un réseau. Ce logiciel intègre les fonctions de simulation dynamique des infrastructures routières, ferroviaires et fluviales.	(Costeseque, 2013)
	Vissim	Ce logiciel est développé par la société allemande Planung Transport Verkehr (PTV). C'est un outil de simulation pour milieu urbain et interurbain. Il propose une simulation microscopique du couple véhicule-conducteur basée une analyse psychologique du comportement du conducteur	(Costeseque, 2013)
	Sim Traffic	C'est un outil de simulation de trafic microscopique capable de modéliser des artères avec des carrefours et des ronds-points. SimTraffic peut être utilisé afin de générer des rapports, ou simplement à des fins d'animation.	(Fellendorf & Vortisch, 2010)
Logiciels issus de la recherche	Mitsim	C'est un outil de simulation microscopique incorporé dans le logiciel MitsimLab développé par le Massachusetts Institute of Technology. Il inclut aussi un simulateur pour la gestion de la circulation et le contrôle du trafic et des systèmes de guidage routier.	(Shaaban & Kim, 2015)
	Dracula	C'est outil de microsimulation dynamique développé à l'université de Leeds en 1993. Dans ce type de logiciel l'accent est mis sur un couplage entre un modèle historique de trafic et un modèle de poursuite microscopique.	(Zhu et al., 2017)

b) Critères de choix de l'outil de simulation

Afin de guider le choix du simulateur adéquat, nous avons établi une grille de comparaison entre les outils de simulation susmentionnés. En effet, aucun logiciel n'est strictement meilleur dans toutes les situations. Chacun à ses avantages et ses limites.

Comme nous avons précisé précédemment, nous centrons notre attention sur les outils de simulation microscopiques puisque le phénomène auquel on s'intéresse est la circulation des véhicules à l'échelle d'une rue commerciale. Nous avons sollicité les organismes de plusieurs logiciels qui ont été développés dans ce sens afin d'obtenir une licence: Aimsun, Vissim. Sim Traffic et Dynasim. La comparaison entre l'ensemble de ces outils est illustrée dans le Tableau 47. C'est donc via un compromis entre plusieurs critères que noter choix à porter sur le logiciel Dynasim.

⁴³ Pour plus de détail, voire le site dédié à la simulation dynamique du trafic et qui présente une série de logiciels : <http://simulationdynamique.fr/>

Tableau 47. Comparaison des outils de simulation microscopiques du trafic routier

Critères Outil	Facilité d'utilisation	Aide logiciel	Mode de transport intégré	Visualisation des résultats	Fonctionnalités
Aimsun	Non	Non	Routier, Ferroviaire Transport en commun	• Animation 2D & 3D • Résultats statistiques • Programme de feux	• Modèle de trafic • Programmation de feux • Transport en commun
Vissim	Non	Non	Routier	• Animation 2D & 3D • Résultats statistiques • Programme de feux	• Modèle de trafic • Programmation de feux
Dynasim	Oui	Oui	Routier, Ferroviaire et Fluvial Transport en commun	• Animation 2D & 3D • Graphe des résultats • Programme des feux • Tableaux des résultats	• Modèle de trafic • Circulation routière • Programmation de feux • Transport en commun • Aménagement de parking
SimTraffic	Oui	Non	Routier	• Animation 2D & 3D • Programme de feux	• Modèle de trafic • Programmation de feux

2. Simulateur Dynasim

2.1. Modalités d'obtention de la licence

Après avoir sollicité par mail la société Dynalogic fondatrice du logiciel Dynasim, nous avons pu décrocher une licence académique « **Dynasim Version 5** » à partir du mois de Novembre 2017 renouvelable tous les trois mois et valable jusqu'au fin Juin 2018 dans le cadre de notre projet de thèse. En contre partie, nous leur avons envoyé le contact d'agrément signé par le directeur de thèse (Annexe 15). Puisque, nous n'avons pas terminé la réalisation du modèle et des différents scénarios dans ce délai vu le temps consacré pour la réalisation de l'enquête, nous avons demandé une période de prolongement. En réponse, nous avons obtenu une licence valable jusqu'au fin Septembre 2018 à condition de citer Dynasim dans notre thèse. Une description de cet outil et ses différentes fonctionnalités est présentée par la suite en se basant sur le manuel de référence inclus dans le fichier d'installation.

2.2. Structure du simulateur Dynasim

Dynasim⁴⁴ est un logiciel de modélisation et de simulation dynamique multimodale. Il est utilisé par de nombreux bureaux d'études et collectivités à travers le monde depuis 1994. Ce logiciel intègre les fonctions de simulation dynamique des infrastructures routières (Dynasim Route), ferroviaires (Dynasim Fer) et fluviales (Dynasim Fluvial).

Il permet aussi de modéliser et simuler l'aménagement et le fonctionnement des parkings aussi bien en milieu urbain que pour les centres commerciaux. Il est constitué d'un éditeur graphique, d'un moteur de simulation et des outils de visualisation et d'analyse des résultats de simulation. Ces trois composantes sont directement accessibles à partir de l'interface de Dynasim.

⁴⁴ Pour plus de détail, voire le site : <http://dynasim.fr>

- **L'éditeur graphique** : Il est dédié à la définition de l'ensemble des paramètres d'un modèle de simulation. Il permet de positionner des objets sur un fond de plan et de les renseigner grâce à des boîtes de saisie d'informations.
- **Le moteur de simulation** : Il est de type microscopique, stochastique et événementiel. La simulation microscopique privilégie la prise en compte de chacun des véhicules qui se déplacent, suivant leur comportement et leur environnement proche instantané. Le modèle de simulation est de type stochastique car les valeurs des paramètres sont obtenues à partir de distributions statistiques. Ainsi, au cours du temps simulé, un événement (par exemple, le changement d'état d'un feu) peut infléchir la cinématique d'un véhicule.
- **Les outils de visualisation et d'analyse de résultats**
 - ✓ L'animateur : Il s'agit d'un outil interactif permettant de restituer visuellement, en 2D ou 3D, les déplacements des véhicules qui ont été calculés par le moteur de simulation. Par ses qualités démonstratives et avec la possibilité d'enregistrer une vidéo d'animation, il facilite l'explication du fonctionnement, et devient un outil d'aide à la décision pour les responsables qui ne sont pas nécessairement des spécialistes du trafic et de la circulation.
 - ✓ Le grapheur : Il permet de visualiser sous forme de courbes les résultats statistiques, suivant des critères mesurés en cours de simulation.
 - ✓ Les tableaux types : Ce sont des tableaux obtenus à partir des mesures de critères relevées au cours de la simulation. Ils proposent une vue synthétique sur le fonctionnement des différents aménagements simulés.
 - ✓ Les planches de flux : Il s'agit des fichiers de calcul sur les flux qui sont obtenues à partir de la quantification des flux.
 - ✓ Les programmes de feux : Il s'agit de l'élaboration de la stratégie de régulation qui consiste à sélectionner et à positionner les signaux lumineux, à déterminer les courants de véhicules qu'ils régulent et à programmer les plans de feux qui sont obtenus à partir du module des feux.

2.3. Interface utilisateur & fonctionnement

L'interface utilisateur de Dynasim représente une fenêtre regroupant l'ensemble des outils facilitant l'édition et la consultation des différents modèles d'une étude de simulation. Ces outils sont accessibles suivant le mode d'édition activé. Il s'agit de deux modes différents : Le mode géométrique qui permet de visualiser les objets de simulation ayant une dimension physique et le mode logique qui correspond à l'édition des objets de simulation sans dimension. Sur cette interface sont positionnés différents types de barres à des fins différentes :

- **La barre de menu :** Quel que soit le mode d'édition, cette barre se situe en haut de la fenêtre principale. Elle permet l'accès à l'ensemble des fonctionnalités d'édition des paramètres régissant le fonctionnement de la simulation dans Dynasim. Elle est constituée de sept rubriques intitulées : Fichier, Edition, MultiFiles, Distributions, Lois de poursuite, Rapport, Parking, Vues et Aide. Ces rubriques peuvent aussi référencer leurs propres sous-rubriques.
- **La barre des outils :** Elle regroupe les boutons permettant de modifier l'état de la zone d'édition du réseau et facilitant l'accès aux fonctions usuelles. Ces fonctions correspondent au choix rapide pour sélectionner et afficher le scénario de réseaux, le scénario de flux, les éventuels scénarios de feux et ceux du Transport en Commun (TC). Elle comprend aussi le bouton de bascule des modes d'édition, le bouton de bascule d'affichage du fond de plan et les boutons d'édition des objets et de zoom.
- **La barre des objets de simulation :** Cette barre regroupe les catégories des objets de simulation qui diffèrent selon le mode d'édition activé. La figure 44 illustre la barre des objets de simulation en mode géométrique. En mode logique, elle comprend les Entrées/Sorties du réseau, les liens des trajectoires et les paliers qui correspondent aux remontées de file qui débordent en dehors du réseau et les zones du réseau.



Figure 44. Barre des objets de simulation de l'outil Dynasim

- **La barre des modules :** Elle offre l'accès aux boîtes de saisie des modules qui sont détaillés dans le tableau suivant :

Tableau 48. Les modules de la barre des modules de Dynasim

Intitulé du module		Fonction
	La recherche d'objet	Trouver/supprimer un objet du modèle de simulation en parcourant la liste des objets triés par nom, par type ou par calque d'appartenance
	Les catégories des véhicules	Modifier, ajouter ou supprimer des catégories de véhicules via le panneau des catégories.
	Les mesures	Représente les différents tableaux de mesures générés à la fin de la simulation
	Fond de plan	Support qui regroupe l'ensemble des informations nécessaires à l'affichage de la géométrie de l'aménagement à tester par simulation.
	Calque	Le calque regroupe un ensemble d'objets de simulation caractérisant la géométrie de l'aménagement simulé.
	Scénario de réseaux	Edition d'un scénario de réseaux et affectation des calques
	Scénario de flux	Edition d'un scénario de flux : définition des heures de début et de fin de simulation, ainsi que l'heure de début de prise en compte des valeurs relevées par les points de mesure et le choix du type de données d'entrée
	Scénario de feux	Définition de l'ensemble des contrôleurs, des feux et des boucles lors de la simulation.
	Scénario de TC	Représente une composante optionnelle d'un scénario de simulation. Un scénario de TC définit le fonctionnement d'un ensemble de lignes de TC.
	Simulation	La boîte de saisie du module de simulation comprend une zone de visualisation qui affiche en ligne l'ensemble des scénarios de simulation définis pour une étude, et en colonne ses paramètres les plus remarquables ainsi qu'une zone d'édition comprenant les paramètres des scénarios de simulation (réseaux, flux, feux, TC, horaire)

III. Dynasim & proposition de la méthodologie “Delivery Areas Scenarios Simulation Approach” (DASSIA)

Une étude de trafic se déroule généralement dans le cadre d'un projet d'aménagement. La simulation dynamique permet d'étudier le dimensionnement et le fonctionnement de l'aménagement étudié à fin d'estimer les conditions du trafic sur un réseau et en évaluer les conséquences (Lopez, 2017). Faisant, la suite des travaux présentés dans le chapitre précédent, nous avons développé une approche de simulation DASSIA (Delivery Areas Scenarios Simulation Approach) issue de l'utilisation de la simulation dynamique pour estimer et évaluer les conséquences de l'implantation des aires de livraison sur l'écoulement du trafic au niveau du tronçon 1 de la rue de Cunny. L'approche proposée s'articule autour de trois étapes principales :

1. Protocole appliqué pour la préparation à la réalisation du modèle

Cette étape constitue une phase de diagnostic et de collecte des données pour la préparation du modèle de simulation. Elle peut être divisée en deux sous étapes:

1.1. Pré-diagnostic

Cette étape commence par une délimitation du cadre spatio-temporel du périmètre d'étude. Dès lors, à travers les visites de terrain qui ont été réalisées, nous avons pris une idée sur les configurations envisagées du réseau et les indicateurs utiles à l'étude. Cette étape nous a permis aussi de faciliter le choix de l'outil de simulation adapté au problème posé et aux moyens disponibles.

1.2. Calage et codage des paramètres d'insertion de l'outil de simulation

Il s'agit d'une étape de détermination et de mise en forme des données en fonction des paramètres d'insertion du simulateur afin de reconstruire la situation de référence pour laquelle le fonctionnement est connu (Lopez, 2017).

a) Définition d'un scénario de simulation

Cette étape consiste à établir une liste des données liées au fonctionnement du simulateur. En effet, un modèle de simulation est caractérisé par des paramètres référencés dans une des quatre catégories suivantes : Flux; Réseaux; Feux et Transport en Commun (TC). Ces paramètres sont regroupés sous forme de scénario qui correspond généralement à une hypothèse à tester.

Un scénario de simulation doit définir les scénarios de réseaux et de flux, optionnellement les scénarios de feux et de TC.

- **Scénario de flux** : L'approche par scénario de flux facilite l'étude du fonctionnement de l'aménagement à simuler aux cours des moments-clés d'une journée, ainsi qu'à d'autres horizons futurs. Dans le simulateur Dynasim, Les paramètres généraux des scénarios de flux sont : Intitulé du scénario ; le moment de la journée correspondant au scénario que se soit l'heure de pointe matin (Hpm), l'heure de pointe soir (Hps) et l'heure creuse (HC) ; l'heure de début et de fin de simulation sous format (hh : mm : ss) ; l'heure de début des mesures qui est fixée à 15 minutes à partir du début de simulation et le type de données utilisés pour quantifier la demande de trafic.
- **Scénario de réseaux** : Un scénario de réseaux intègre l'ensemble des calques qui comprennent les objets de simulation décrivant les trajectoires empruntées par les utilisateurs de l'aménagement. Dans le logiciel Dynasim un réseau routier regroupe les éléments suivant :
 - ✓ Les générateurs : représentent les entrées des véhicules empruntant l'aménagement simulé. la quantité de flux générée par une entrée, est définie à l'édition des matrices origine-destination pour chaque catégorie de véhicule.
 - ✓ Les sorties : représentent les points de destination des véhicules. La suppression des sorties a des incidences sur le nombre de colonnes des matrices OD de tous les scénarios de flux.
 - ✓ Les paliers : un palier correspond à un espace pour stocker, et quantifier les remontées de files qui débordent en dehors du réseau. Les paliers sont généralement branchés entre le générateur et le premier objet de voirie en entrée de réseau.
 - ✓ Les liens : Edité en mode logique, un lien définit les enchaînements entre les objets de simulation permettant le passage d'un véhicule entre eux.

b) Calage & codage des données nécessaires à l'étude de simulation

La collecte des données a été réalisée à travers l'enquête « Etablissement-Comptage » menée sur le terrain d'étude. Ces données sont principalement :

- **La géométrie de l'aménagement étudié** : Sous le logiciel Dynasim, le premier élément à définir concernant la géométrie du réseau étudié est le fond de plan ainsi que les différentes trajectoires du réseau et les supports qui les orientent. Ensuite, le type de parking (connu sous le nom « Allée ») définissant la situation de stationnement et de circulation des véhicules dans l'aménagement étudié. Les éléments associés à un parking sont principalement les attracteurs (symbolisent généralement les entrées du magasin et agissent sur la distribution des véhicules dans le parking) et les Affect poche entrées (permettent de paramétrer le comportement des véhicules en fonction des destinations du réseau).
- **Les caractéristiques des voies** : Il s'agit de spécifier la nature des trajectoires (monofile ou multifile) et le type (voie rapide ou lente). Dans le cas de la rue de Cunny, comme nous avons précisé dans le chapitre précédent, le tronçon d'étude représente une voie monofile caractérisée par l'existence de deux entrées et deux sorties. A 95 m de l'entrée principale, on retrouve une voirie à double sens. Ainsi, la largeur du tronçon est d'environ 8m dont la commune a réservé 2m sur les deux côtés pour le stationnement (Figure 45).

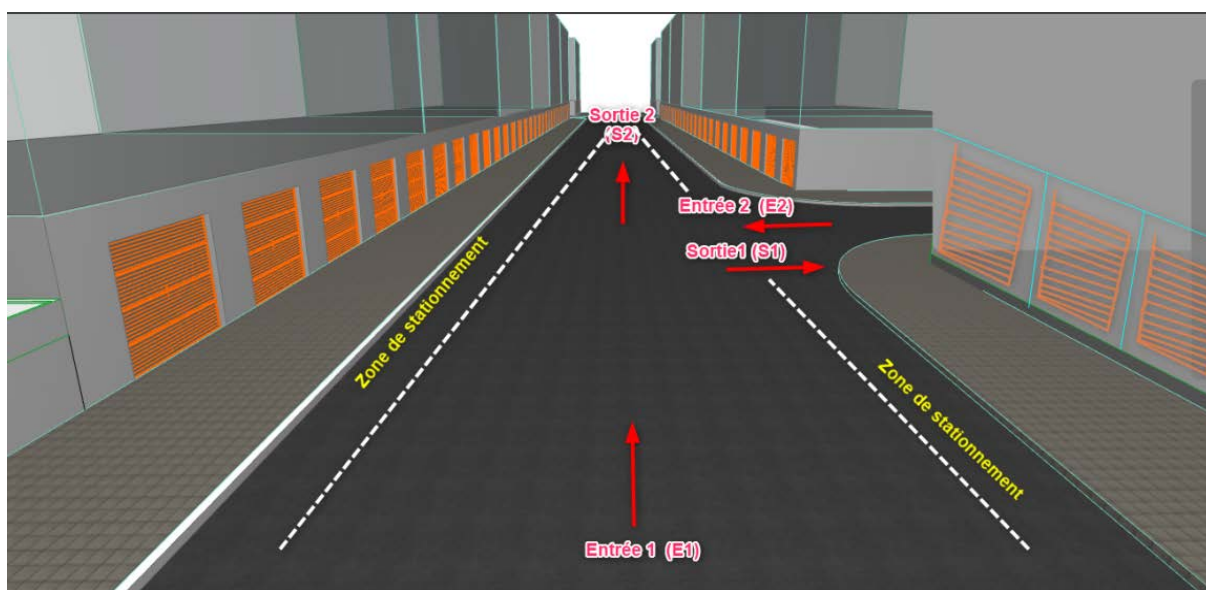
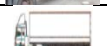


Figure 45. Illustration 3D du tronçon d'étude de la rue de Cunny

- **Nature et répartition des véhicules** : Dans le logiciel Dynasim, on retrouve une liste de catégorie prédéfinie, mais il est aisé de créer de nouvelles catégories à partir de cette liste via le module catégorie présent dans la barre des modules. Les paramètres définissant les catégories sont : le nom; les grandeurs géométriques (longueur, largeur); les capacités cinématiques (accélération, décélération) et le fichier de la représentation graphique de la

catégorie. A partir de l'enquête réalisée sur le terrain et en fonction des configurations du simulateur, nous avons défini un classement des véhicules en différentes catégorie qui seront récapitulée dans le Tableau 49.

Tableau 49. Les catégories de véhicules employées dans le simulateur

Catégorie	Code	Véhicule	Type	Dimension en mètres	
				Longueur max	Largueur max
Catégorie 1	R2		Triporteur	4	1,5
	R3		Moto		
Catégorie 2	VP		Voiture	5,5	1,86
	VUL1		Mini truck		
	VUL2		Fourgonnette		
	VUL 3		Pick up		
Catégorie 3	VUL 4		Fourgon	8	2,20
	VUL 5		Camionnette		
Catégorie 4	PL1		Petit Camion	13,6	2,50
	PL2		Camion matériaux		
	PLL		Semi remorque		

L'ensemble des données ont été saisies dans la boîte Gestion des catégories présentes dans le module catégorie de l'étude. La figure 46 illustre un exemple de saisie de la catégorie 2 :

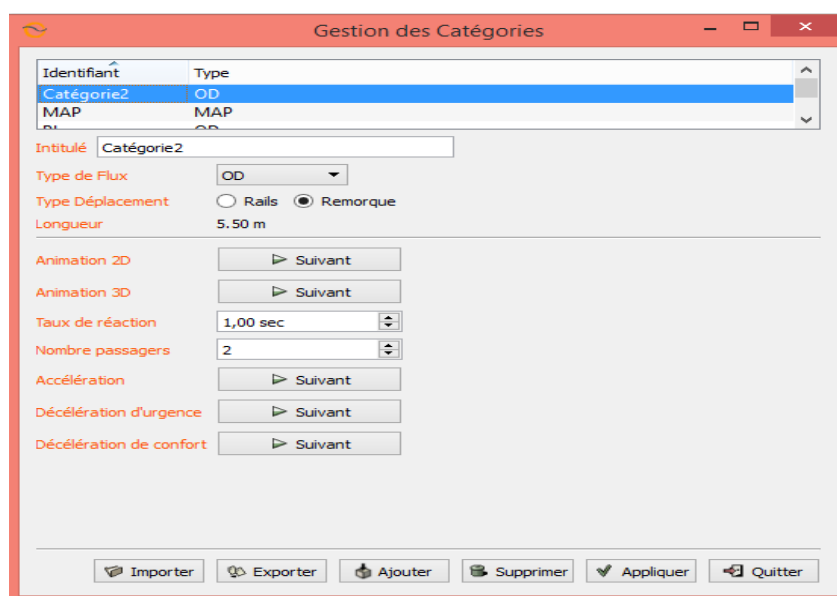


Figure 46. Le panneau de saisie de la catégorie 2

- **Le calcul de la quantité de la demande associée à chaque catégorie** : il est basé sur le calcul des matrices (OD) de chaque catégorie de véhicule. L'une des grandes difficultés de l'analyse des réseaux réside dans la difficulté d'avoir une bonne connaissance des matrices origine-

destination, c'est-à-dire des flux allant de chaque entrée à chaque sortie du réseau. Dès lors, nous avons procédé par une estimation de ces matrices sur la base des données obtenues à partir du formulaire de l'enquête comptage qui a été menée en continue sur trois période de la journée. Par la suite, l'ensemble des résultats ont été convertis vers la même unité de mesure (UVP : Unité de Véhicule Particulière) pour unifier la quantification du trafic des véhicules en uvp/h. Un coefficient de pondération est alors affecté à chaque type de véhicule en se référant aux travaux de (Apronti et al., 2016 ; Buisson & Lesort ; 2010). Sauf, pour le cas du véhicule de type R2 (Triporteur) qui représente un cas particulier des véhicules et dont on n'a pas trouvé un coefficient. Dès lors, nous avons estimé la valeur de ce coefficient à 0,5.

Comme nous avons réalisé le comptage en continue sur les trois périodes de la journée, et en se basant sur le principe de conservation de flux (Apronti et al., 2016) « *le nombre de véhicules, présents sur un tronçon de route de longueur L compris entre les points x1 et x2 entre les instants t1 et t2, évolue sous l'influence du nombre de véhicules entrés en amont (en x1) et sortis en aval (en x2) entre ces instants* », nous avons :

$$N_{\text{présents}}([x1, x2], t2) = N_{\text{présents}}([x1, x2], t1) + N_{\text{entrants}}(x1, [t1, t2]) - N_{\text{sortants}}(x2, [t1, t2])$$

Dans le cas de notre étude, le réseau est composé de deux entrées (E1 et E2) et deux sorties (S1 et S2). Selon les sens de circulation des véhicules, nous avons trois matrices de type OD associées à chaque type véhicule :

- ✓ $N_{\text{présents}}([E1, S1], t2) = N_{\text{présents}}([E1, S1], t1) + N_{\text{entrants}}(E1, [t1, t2]) - N_{\text{sortants}}(S1, [t1, t2])$
- ✓ $N_{\text{présents}}([E1, S2], t2) = N_{\text{présents}}([E1, S2], t1) + N_{\text{entrants}}(E1, [t1, t2]) - N_{\text{sortants}}(S2, [t1, t2])$
- ✓ $N_{\text{présents}}([E2, S2], t2) = N_{\text{présents}}([E2, S2], t1) + N_{\text{entrants}}(E2, [t1, t2]) - N_{\text{sortants}}(S2, [t1, t2])$

Nous avons calculé le trafic passant par chacune des entrées et sorties à travers le formulaire de comptage. En plus nous disposons des données concernant le nombre des véhicules présents à travers le formulaire établissement. Nous pouvons calculer donc, pour chaque type de véhicule, le nombre de véhicule en uvp/h. Le Tableau 50 représente les données de comptage de chaque type de véhicule multipliées par leur coefficient. Ces données représentent la quantité maximale de flux en uvp/h en chaque point obtenue durant les sept semaines de l'enquête. Il s'agit de celles d'un samedi où les comptages sur le réseau ont été jugés significatifs par rapport au reste.

- **La régulation mise en place :** il s'agit des données et des conditions initiales du fonctionnement du réseau. Ces données concernent la demande (nombre des véhicules empruntant le réseau pendant la durée de simulation), la distribution du parking (temps inter-sortant, temps de stationnement, nombre des véhicules présents au début de la simulation) et la position géographique des véhicules au début de la simulation.

Tableau 50. Données comptage - Matrice Origine/Destination de chaque catégorie de véhicule

			UVP	Rotation 1				Rotation 2				Rotation 3			
Type de véhicule		E1		PE1S1	S1	E1-S1	E1	PE1S1	S1	E1-S1	E1	PE1S1	S1	E1-S1	
Matrice E1-S1	Catégorie 1	R2	0,5	7	1	5	3	4	1	3	2	8	1	6	3
		R3	0,3	35	2	20	17	21	1	17	5	38	2	32	8
	Catégorie 2	VP	1	40	12	26	26	26	8	17	17	48	14	31	31
		VUL1	1,5	8	4	0	12	5	3	0	8	10	5	0	15
		VUL2	1,5	11	3	9	5	7	2	6	3	13	4	11	6
		VUL3	1,5	11	3	8	6	7	2	5	4	11	3	10	4
	Catégorie 3	VUL4	1,5	3	0	2	2	2	0	1	1	4	0	2	2
		VUL5	1,5	2	0	0	2	1	0	0	1	2	0	0	2
	Catégorie 4	PL1	2	1	1	0	2	1	0	0	1	2	0	0	2
		PL2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		PLL	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				E1	PE1S2	S2	E1-S2	E1	PE1S2	S2	E1-S2	E1	PE1S2	S2	E1-S2
Matrice E1-S2	Catégorie 1	R2	0,5	10	1	2	9	7	1	1	7	12	1	2	11
		R3	0,3	21	10	15	16	14	7	10	11	25	12	2	35
	Catégorie 2	VP	1	240	40	110	170	156	26	72	110	280	43	132	191
		VUL1	1,5	15	0	12	3	10	0	8	2	18	0	14	4
		VUL2	1,5	42	8	32	18	27	5	20	12	50	9	38	22
		VUL3	1,5	29	6	15	20	19	4	10	13	34	7	18	23
	Catégorie 3	VUL4	1,5	17	5	8	14	11	3	5	9	20	5	9	16
		VUL5	1,5	15	0	12	3	10	0	8	2	18	0	14	4
	Catégorie 4	PL1	2	10	0	8	2	7	0	5	2	12	0	10	2
		PL2	2	10	0	4	6	7	0	3	4	12	0	5	7
PLL		2	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	2	0	
				E2	PE2S2	S2	E2-S2	E1	PE1S1	S1	E1-S1	E1	PE1S1	S1	E1-S1
Matrice E2-S2	Catégorie 1	R2	0,5	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2
		R3	0,3	4	8	8	4	3	5	5	3	5	10	10	5
	Catégorie 2	VP	1	60	0	45	15	39	0	29	10	65	0	54	11
		VUL1	1,5	3	1	2	2	2	1	1	2	4	1	2	3
		VUL2	1,5	18	0	11	7	12	0	7	5	22	0	13	9
		VUL3	1,5	12	0	11	1	8	0	7	1	14	0	13	1
	Catégorie 3	VUL4	1,5	6	0	5	1	4	0	3	1	7	0	6	1
		VUL5	1,5	6	0	5	1	4	0	3	1	7	0	6	1
	Catégorie 4	PL1	2	4	0	2	2	3	0	1	2	5	0	2	3
		PL2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLL		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Note : E1 (Entrée 1) ; E2 (Entrée 2) ; S1 (Sortie 1) ; S2 (Sortie 2) ;

PE1S1 (Véhicule présents dans le tronçon compris entre E1 et S1) ;

PE1S2 (Véhicule présents dans le tronçon compris entre E1 et S2) ;

PE2S2 (Véhicule présents dans le tronçon compris entre E2 et S2) ;

E1-S1 (Matrice d'origine E1 et de destination S1) ;

E1-S2 (Matrice d'origine E1 et de destination S2) ;

E2-S2 (Matrice d'origine E2 et de destination S2) ;

Une fois le calage effectué et validé, on peut enfin passer à la modélisation des scénarios à étudier .

2. Protocole appliqué pour la réalisation des scénarios de simulation sur Dynasim

C'est une étape caractérisée par la réalisation du modèle en fonction des paramètres d'entrées du simulateur et l'intégration des scénarios de simulation suggérés pour améliorer le fonctionnement du système étudié.

2.1. Reconstitution de la situation de référence : avant implantation des aires de livraison

La réalisation du modèle de simulation est structurée selon les étapes suivantes :

- **Etape 1** : (a) Définition du fond de plan sous forme d'une image de type Bitmap représentant la structure géométrique du tronçon d'étude (b) Définition des calques, à savoir : la calque des objets du réseau (NET) ; la calque des objets du parking (DISTR) et la calque des résultats (RES) (Figure 47):

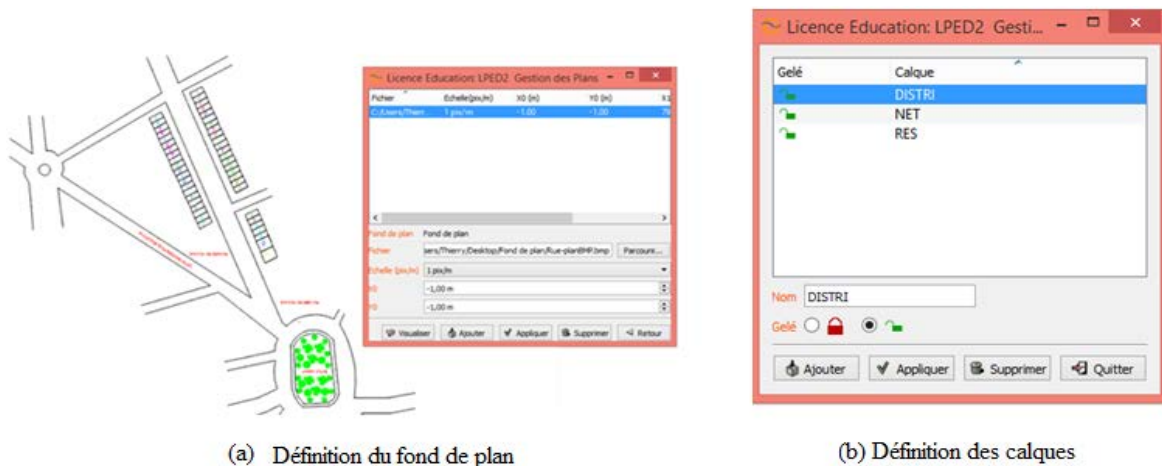


Figure 47. Définition du fond de plan et des calques

- **Etape 2** : Définition d'un scénario réseaux qui inclut des trois calques (Figure 48)

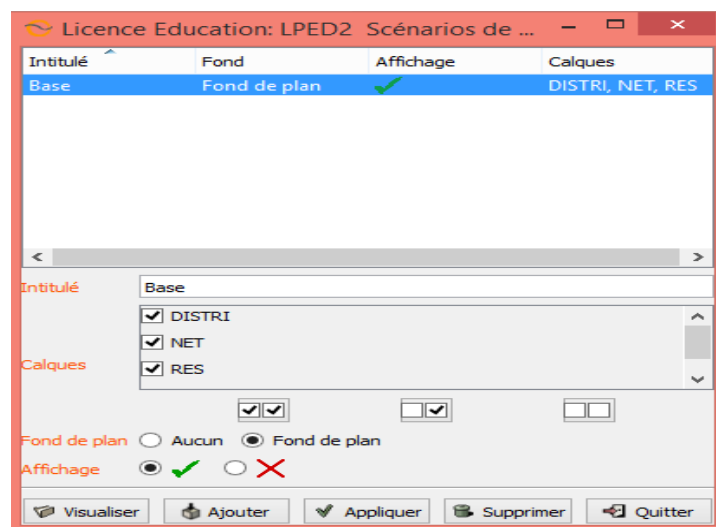


Figure 48. Définition d'un scénario de réseaux

- **Etape 3** : Elaboration des composantes du réseau théorique (supports ; trajectoires ; zone de stationnement, générateurs ; sorties ; liens). Dans la figure 49, la modélisation du tronçon d'étude en deux modes d'édition. Les boîtes d'édition de chaque composante à part entière sont insérées en annexe 13 & 14.

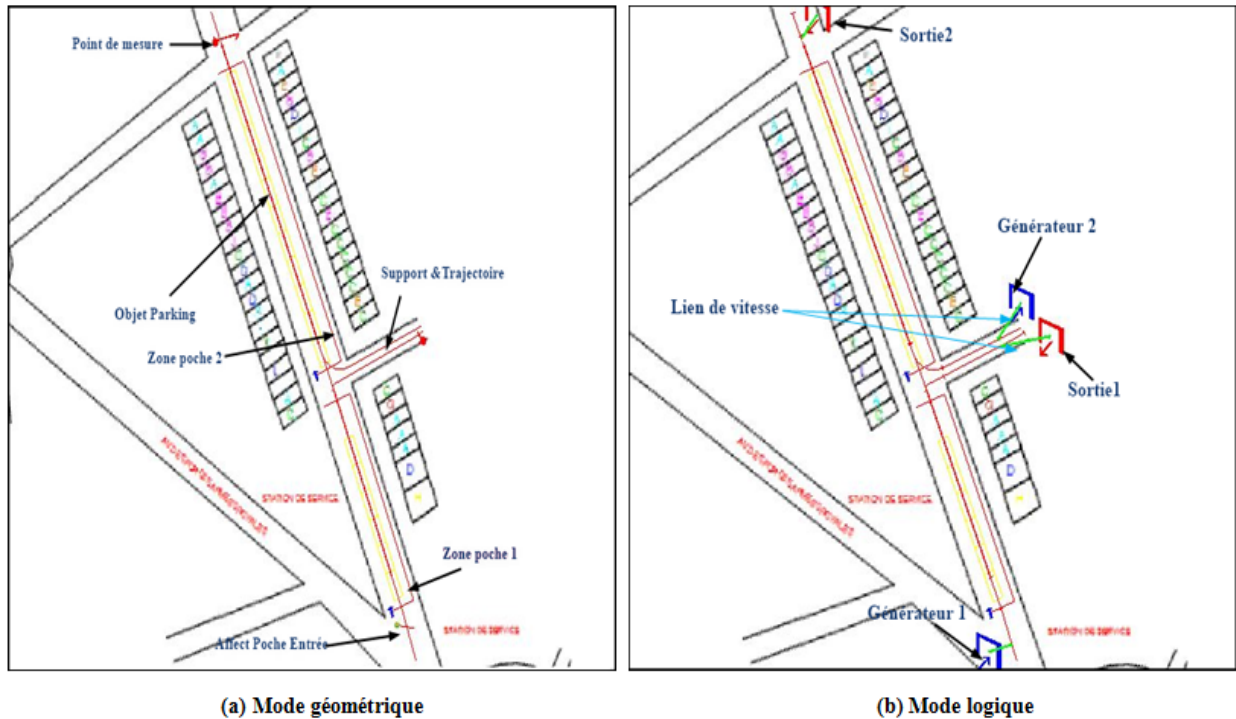


Figure 49. Modélisation du réseau du tronçon d'étude en mode logique et géométrique

- **Etape 4** : Définition d'un scénario de flux intitulé « PARKING » de type générateur réalisé en heure de pointe matin (hpm) pendant une heure de simulation. Par la suite, la configuration du scénario en fonction des catégories de véhicule et des quantités de trafic (matrice de type Origine/Destination) affectées à chaque catégorie (Figure 50):

Figure 50(a) : Définition du scénario de flux

Intitulé	Horaire	Type
PARKING	hpm	Générateur

Intitulé: PARKING
Horaires: hpm
Type: Générateur

Début de simulation: 07:45:00
Début des mesures: 08:00:00
Fin de simulation: 09:00:00

Buttons: Configurer, Ajouter, Appliquer, Supprimer, Quitter

Figure 50(b) : Configuration du scénario de flux

Intitulé: PARKING
Horaires: hpm
Type: Générateur

Echantillon de temps (min): 15
Algorithme d'affectation: Distance (sélectionné), Temps

	SORTIE1		SORTIE2		
	GE1	GE2			
Catégorie1	20	25		45	
Catégorie2	0	6		6	
Catégorie3	20	31		51	

Buttons: Ajouter, Appliquer, Supprimer, Retour

Figure 50. Définition et configuration du scénario de flux

- **Etape 5 :** Définition d'un scénario de simulation qui contient le scénario de flux « PARKING » et le scénario de réseaux « Base ». Ensuite, le lancement du moteur de simulation en cliquant sur le bouton « Répliquer ». La figure 50 illustre une première simulation réalisée en hpm entre 8h00 et 9h00 (Figure 51). Par la suite, la génération des résultats est obtenue sur toute la journée de 8h00 à 18h00.

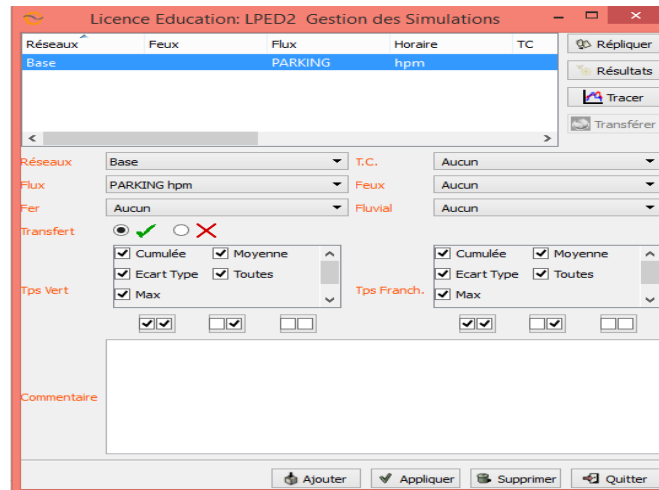


Figure 51. Scénario de simulation avant intégration des aires de livraison

2.2. Reconstitution de la situation projet : intégration des aires de livraison

Entre la situation actuelle du tronçon d'étude et la solution proposée, nous sommes amenés à tester le déploiement des aires de livraison. Les aires de livraison représentent des espaces d'arrêt et non de stationnement où un véhicule peut effectuer ces opérations de chargement /déchargement sans gêner les flux de circulation. Arrivée à ce stade, nous avons intégré l'objet de simulation « Péage » qui reproduit le fonctionnement d'une aire de livraison. Il s'agit d'un arrêt momentané d'un véhicule pour effectuer une opération (livraison/enlèvement). Cet arrêt est caractérisé (Figure 52) par l'emplacement de sa ligne d'arrêt positionné sur la trajectoire, son temps d'arrêt, les conditions spécifiant quels véhicules marquent leur arrêt à cet endroit et une éventuelle grille horaire de recalage.

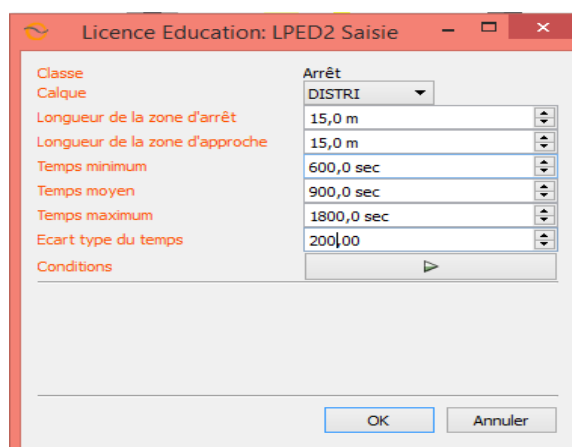


Figure 52. Définition et configuration d'une aire de livraison sur Dynasim

La figure 53 illustre le modèle du tronçon d'étude avec l'intégration des aires de livraison:

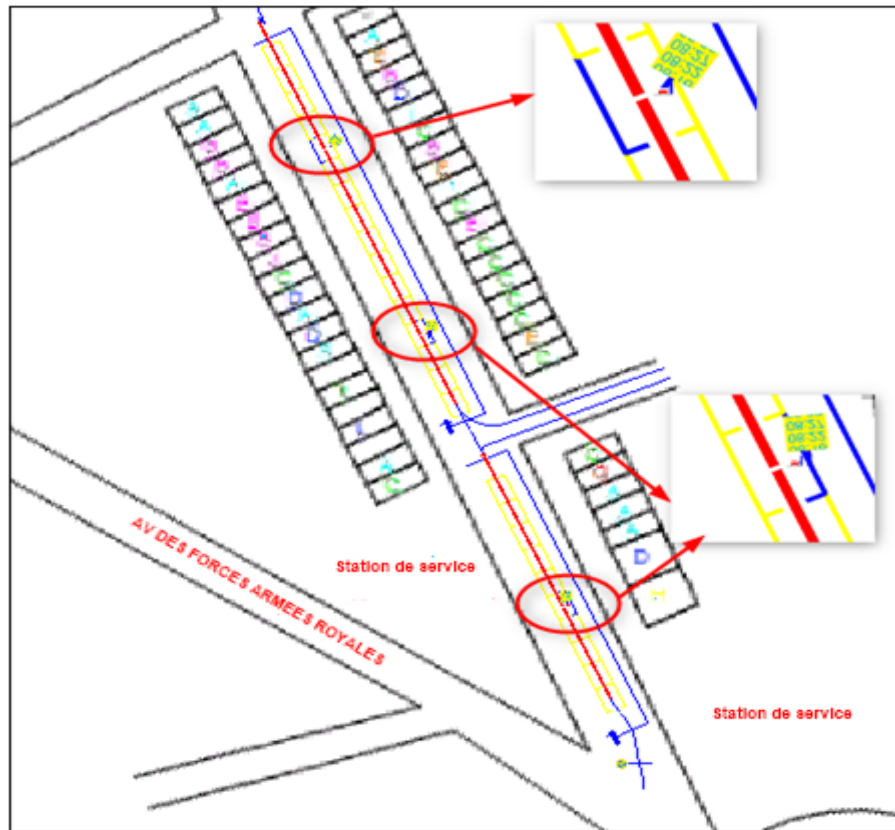


Figure 53. Le modèle théorique du tronçon d'étude avec intégration des aires de livraison

Par la suite, nous avons défini un scénario de simulation (Figure 54) qui regroupe le même scénario de réseaux employé dans la situation initiale et un scénario de flux intitulé « Aires » de type générateur avec la même quantité de la demande (les mêmes matrices OD). Ensuite, le lancement du moteur de simulation en cliquant sur le bouton « Répliquer ».

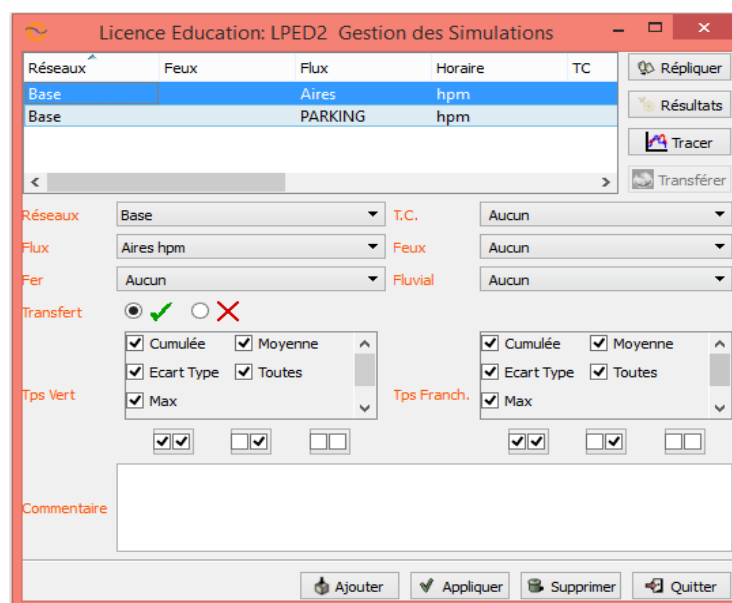


Figure 54. Scénario de simulation après intégration des aires de livraison

3. Outputs de simulation dans Dynasim

Dans cette étape, nous procédons à la visualisation et à l'analyse des résultats en utilisant les différents outils de sortie présents dans le simulateur. Elle est caractérisée par la définition et la configuration des points de mesure permettant la récupération des résultats lors de la simulation.

3.1. Représentation & Edition des points de mesures

Dans Dynasim, pour créer un point de mesure, on active le bouton « Point de mesure » présent sur la barre des objets de simulation. Ensuite, on renseigne les champs de la zone d'édition du point de mesure. Pour gérer les points de mesures positionnés sur le réseau, on accède à la boîte de gestion des points de mesures accessible à partir de l'icône « Mesures » de la barre des modules.

3.2. Typologie des critères mesurés dans Dynasim

Dans Dynasim, le critère représente le paramètre que l'on veut mesurer. Un paramètre est associé à un ou plusieurs critères. Pour chaque critère sont associés plusieurs de traitements possibles (moyenne, maximum, minimum, écart type,...) que nous pouvons choisir à travers la boîte de configuration des critères. A partir de ce que nous avons retenu dans le logiciel, nous avons établi le Tableau 51 qui propose un classement des paramètres mesurés en fonction de leurs critères et leur unité de mesure, il s'agit d'une opérationnalisation des objets de mesure :

Tableau 51. Synthèse des critères mesurés dans Dynasim

Objet de mesure	Paramètre	Critère mesurés	Unité de mesure
File	Demande	Débit	Nbre Veh/unité de temps
	Offre	Débit	
	Retard d'arrêt	Temps perdu en situation d'arrêt	Seconde
	Nombre d'arrêt	Les véhicules en arrêt	Nbre Véh
Temps	Temps inter véhicule	Temps inter véhicule	Seconde
	Temps de parcours	Temps de parcours moyen	Seconde
		Temps de parcours minimum	
		Temps de parcours maximum	
		Temps de parcours écart type	
Arrêt (Aire de livraison)	Taux d'occupation	Taux d'occupation	%
	Nombre de Véh. présents	Les véhicules empruntant l'aire	Nbre Veh
Vitesse	Vitesse de parcours	Distance de parcours	Mètre
		Temps de parcours	Seconde
	Vitesse instantanée	Vitesse moyenne	Km/h
		Vitesse minimale	
		Vitesse maximale	
		Vitesse écart type	
Etat Stop	Stop véhicule	Nombre de véhicule en stop	Nbre Veh
		Vitesse limite inférieure	Km/h
		Vitesse limite supérieure	
	Durée Stop	Durée pendant laquelle le véhicule est en stop	Seconde
Allée	Graphicage	Distance de parcours d'une allée	Mètre

Au terme des répliques, des tableaux types sont générés en fonction des critères de mesures. Les tableaux calculés sont sauvegardés, au format CSV, dans le répertoire <étude>/<répertoire du scénario de simulation >/<results >/<nom du tableau > de l'arborescence des études de Dynasim. Les lignes, respectivement les colonnes, des tableaux générés correspondent aux points de mesures, respectivement aux critères, extraits des répliques pour le scénario concerné.

En récapitulatif, nous dressons dans la figure 55 les étapes clés de l'approche proposée. Dans la figure 56 sont présentés les éléments d'entrées et de sorties liés au fonctionnement du simulateur.

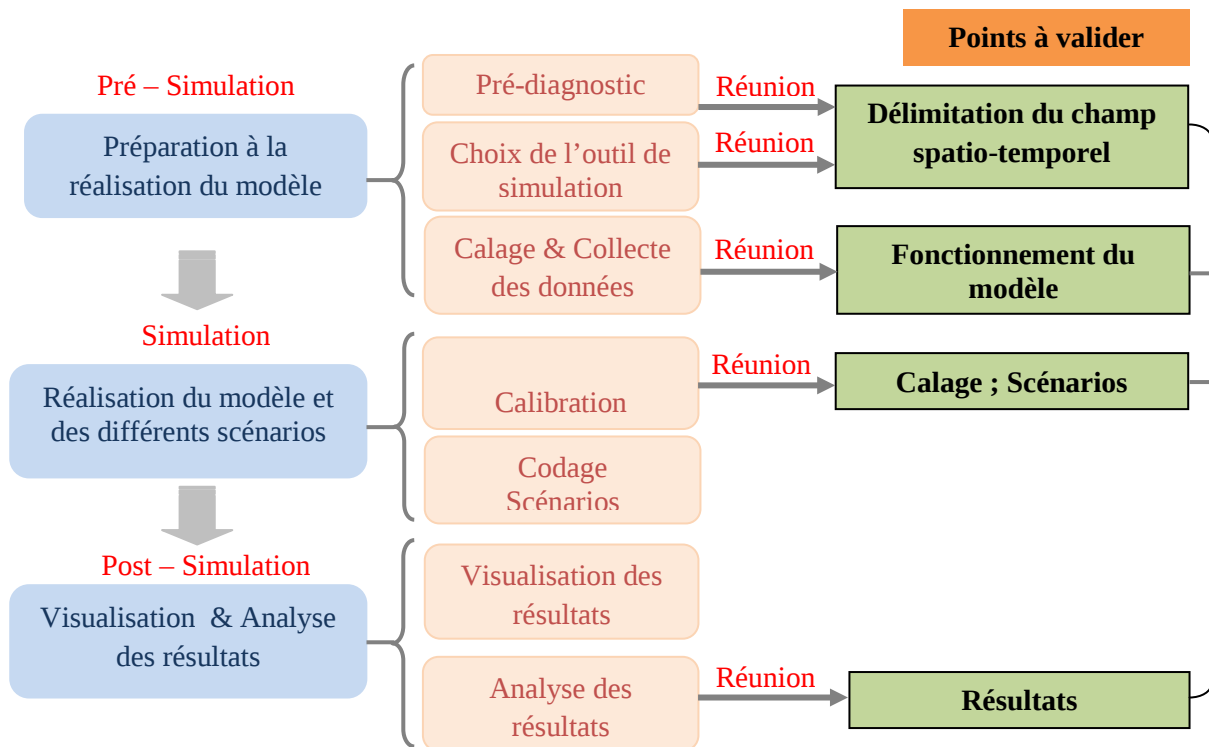


Figure 55. Les étapes de l'approche de simulation DASSIA

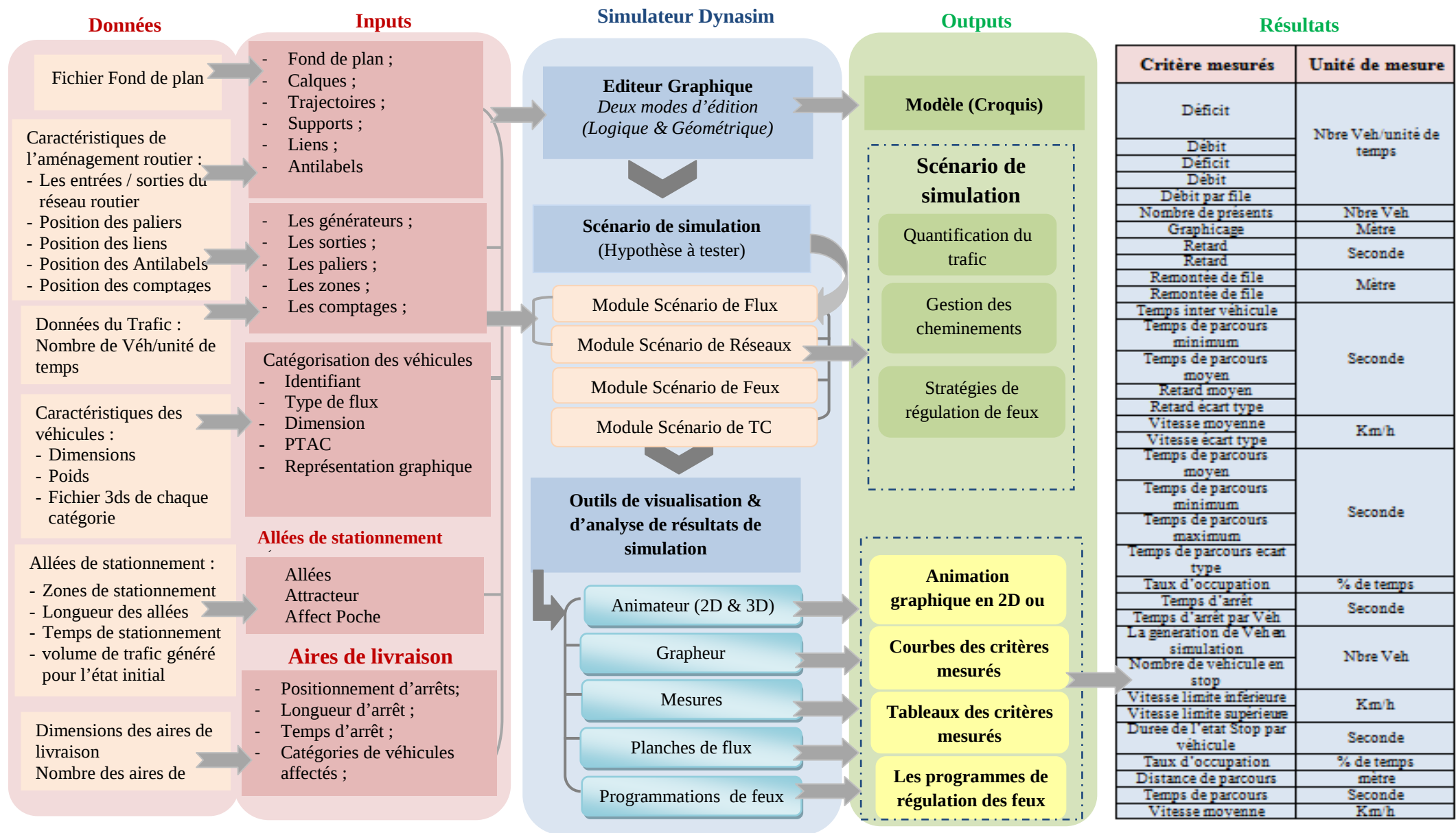


Figure 56. Fonctionnement général du simulateur Dynasim

IV. Analyses & comparaison des résultats de simulation

1. Visualisation des résultats de simulation des différents scénarios

1.1. Choix des critères d'évaluation et des points de mesures

Pour récupérer les résultats lors de la simulation, nous avons prévues trois points de mesures P1, P2 et P3 associés respectivement à trois sections différentes :

- GE1_SORTIE1 : section qui relie la première entrée GE1 à la première sortie S1 (95m).
- GE1_SORTIE2 : section de route qui relie la première entrée GE1 à la sortie S2 (205m).
- GE2_SORTIE2 : section de route qui relie la deuxième entrée GE2 à la sortie S2 (120m).

De ce fait, un ensemble de critères a été choisi pour démontrer les impacts microscopiques des problèmes de circulation survenus dans le tronçon d'étude, à savoir :

- *Temps de parcours* : Vu que les premiers signes de congestion sont principalement le ralentissement du trafic, ce critère permet de mesurer le temps mis par un véhicule pour traverser une section de route. La variabilité des temps de parcours est un indicateur utile qui permet de mettre en exergue les impacts des pratiques de stationnements en deuxième position.
- *Vitesse de parcours* : elle représente la vitesse moyenne des véhicules obtenue par le quotient de la distance parcourue sur le temps de parcours. La variabilité de la vitesse de parcours permet de mettre en exergue les conséquences de la congestion sur l'écoulement du trafic.
- *Nombre d'arrêt* : ce critère comptabilise le nombre d'arrêt survenus au niveau de chaque section de route.
- *Retard d'arrêt* : Il représente le temps perdu par un véhicule en arrêt
- *Temps inter véhicules* : Ce critère mesure en un point du réseau le temps séparant deux véhicules qui se suivent.
- *Taux d'occupation* : Ce critère permet de mesurer le taux d'occupation de chaque aire de livraison. Il est obtenu par le quotient du nombre des véhicules empruntant cette aire sur la capacité de celle-ci.

La comparaison entre les conditions de la situation initiale du trafic et les résultats de simulation avec intégration des aires de livraison permet d'évaluer les conséquences de l'implantation des aires de livraison sur la situation du trafic dans la zone d'étude.

1.2. Résultat de simulation de la situation de référence

L'outil de simulation microscopique Dynasim nous a permis de modéliser l'écoulement du trafic dans le tronçon d'étude. Les données correspondent à celle d'un samedi où les comptages sur le réseau ont été jugés significatifs par rapport au reste de la semaine. Nous avons retenu trois périodes de mesure (Hpm, HC et Hps). Les résultats de simulation sont très communicatifs. La figure 57 représente les résultats de simulation sur une journée dans les trois périodes.

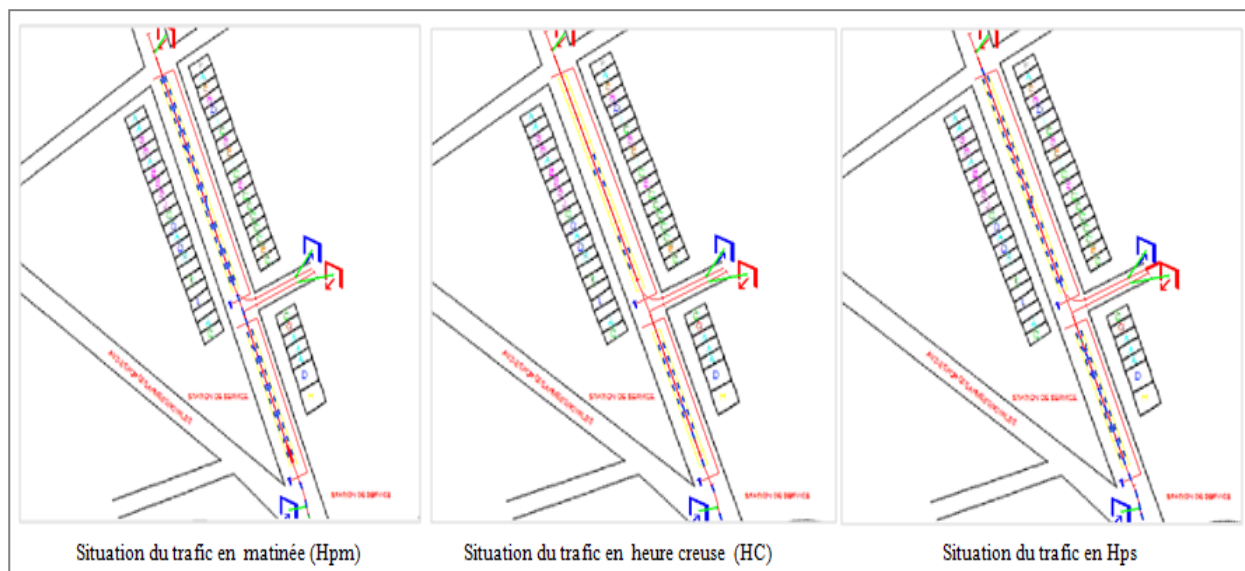


Figure 57. Simulation de la situation de trafic dans le tronçon d'étude

Pendant la simulation, l'animateur reproduit la situation du trafic et l'ensemble des problèmes soulevés précédemment dans un modèle simplifié. En effet, vu qu'il s'agit d'une rue étroite à sens unique, les phénomènes de congestion sont notamment reproductibles dans trois situations : (a) le stationnement en deuxième position, (b) la sortie ou entrée d'un véhicule en situation de stationnement et (c) l'existence des poids lourds. Ces phénomènes sont caractérisés par la formation d'une file de véhicules en attente locale pendant un certain temps (Figure 58).

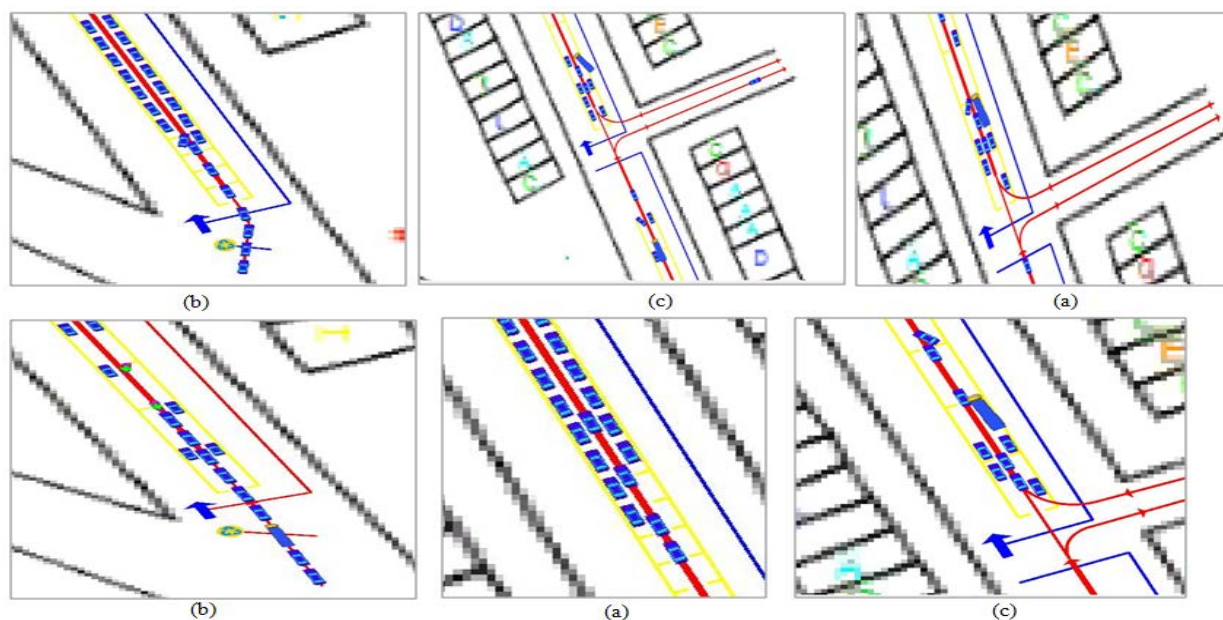


Figure 58. La situation de la circulation des véhicules dans le tronçon d'étude

1.3. Résultat de simulation après intégration des aires de livraisons

Après intégration des aires de livraison, le rôle de Dynasim est de simuler l'écoulement du trafic routier dans le réseau étudié afin de faire la comparaison avec la situation initiale. La figure 59 visualise les résultats de simulation en matinée. En faisant la comparaison avec celle de la figure 57, cette image montre d'ailleurs le rôle des aires de livraison dans la fluidité du trafic routier.

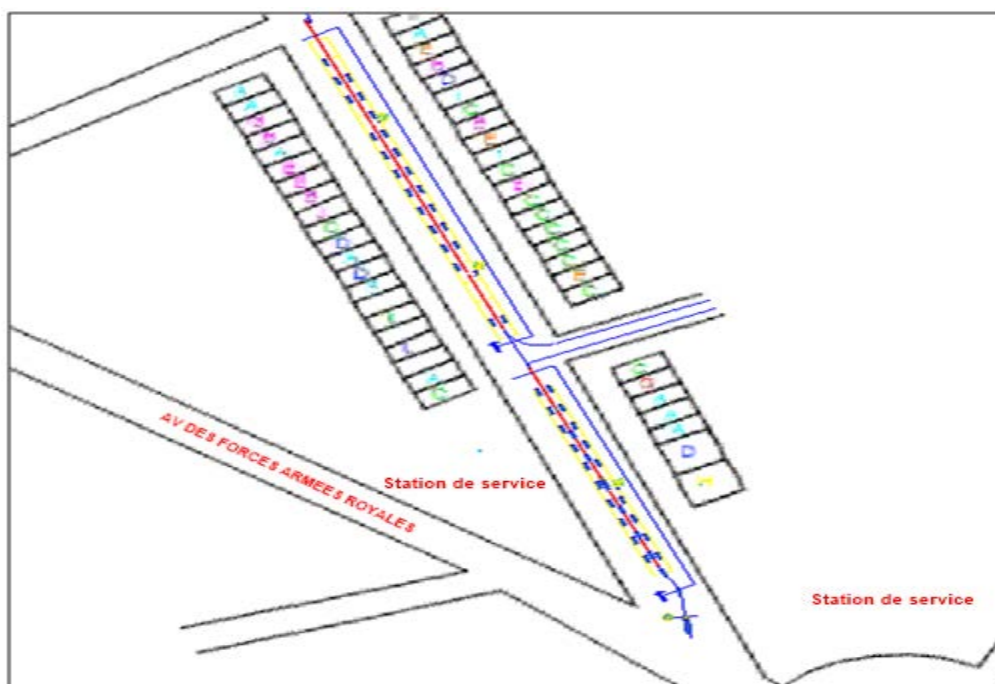


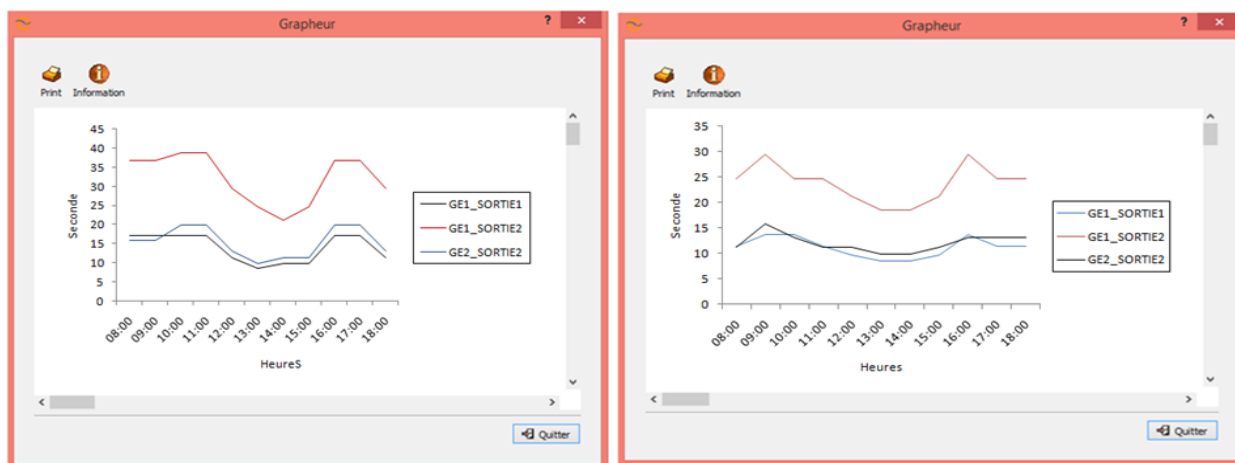
Figure 59. Simulation de l'écoulement du trafic en présence de trois aires de livraison

2. Analyse des critères d'évaluation procurés par la mise en place de trois aires de livraison

Comme précisé précédemment, la génération des résultats de simulation dans les deux situations est retenue sur une journée de 8h00 à 18h00. Les résultats des critères mesurés en cours de simulation seront visualisés sous forme de courbes en utilisant le grapheur de Dynasim.

2.1. Temps de parcours

Entre la configuration actuelle du tronçon d'étude et celle suggérée, les résultats de la microsimulation ont montré que le temps de parcours moyen des véhicules empruntant le réseau étudié a diminué par rapport à l'état initiale. A titre d'explication, en prenant l'exemple de la section GE1_SORTIE2, le temps de parcours à 11h00 du matin dans la situation initiale est d'environ 40 secondes, alors que celui après l'intégration des aires de livraison est d'environ 24 secondes. Le graphique 60 fournit une indication de l'évolution du temps moyen de parcours des véhicules sur une journée entre les deux situations. On voit bien deux pointes fortes entre 9h00 et 10h00 et entre 16h00 et 17h00 qui correspondent à des périodes où la voirie est densément occupée par les véhicules. La chute méridienne est importante entre 12h00 et 14h00 parce que les établissements sont en pause déjeuner sur ce créneau.



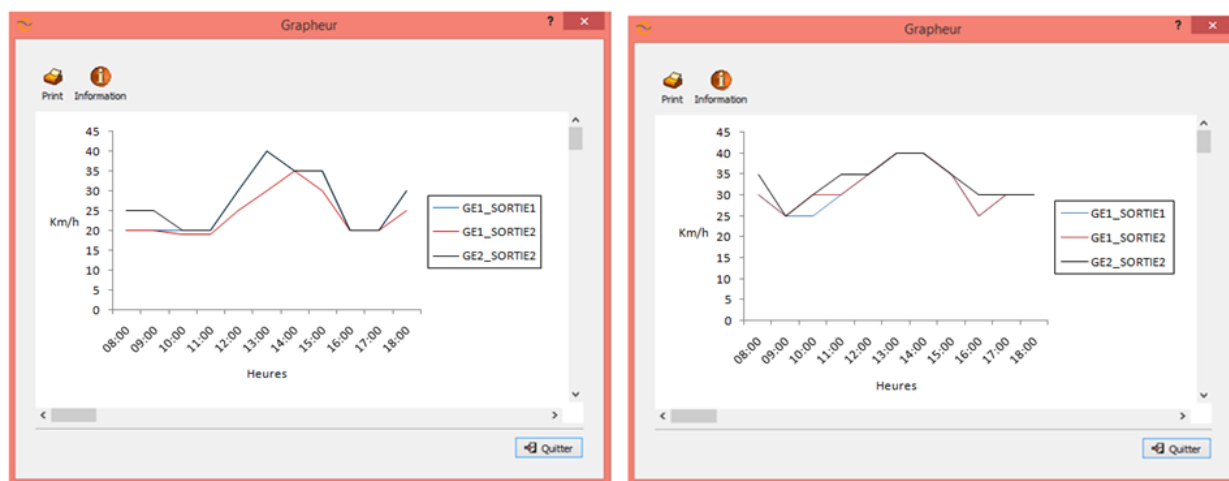
(a) Avant intégration des aires de livraison

(b) Après intégration des aires de livraison

Figure 60. Temps de parcours moyen avant et après implantation des aires de livraison

2.2. Vitesse de parcours

La comparaison de la vitesse moyenne de parcours d'un véhicule entre les deux graphiques (a) et (b) qui correspondent aux deux scénarios de simulation est très significative (Figure 61). En analysant les deux cas de figures, nous avons une pointe forte entre 12h00 et 14h00 qui correspond à la situation de repos des établissements où la voirie est moins dense. La différence de vitesse se manifeste durant la matinée et l'après-midi. En effet, avant l'implantation des aires de livraison, la voirie est densément occupée durant toute la matinée. Par conséquent, la vitesse de parcours ne dépassent pas les 20 km/h. Le même phénomène survient la pointe de l'après-midi entre 16h00 et 17h00. Cependant, après implantation des aires de livraison, la rue est plus accessible et la vitesse de parcours a augmenté jusqu'aux 35 km/h. Ce qui montre désormais le rôle de ces aires dans l'amélioration des conditions de circulation au niveau de la voirie.



(a) Avant intégration des aires de livraison

(b) Après intégration des aires de livraison

Figure 61. Temps de parcours moyen avant et après implantation des aires de livraison

2.3. Nombre d'arrêt des véhicules

La variabilité de ce critère met en exergue les conséquences du stationnement en deuxième position sur la fluidité du trafic, et bien évidemment sur l'accessibilité, la congestion, la sécurité et

pollution atmosphérique. En effet, un arrêt est dû aux causes indépendantes de la volonté d'un conducteur. Ces causes se manifestent en deux situations : celle d'un véhicule stationné en deuxième position ou celle d'un véhicule en entrée ou en sortie de la zone de stationnement. Dans le tronçon cadre d'étude, le nombre des arrêts de véhicules étaient très important avant l'intégration des aires de livraison. En prenant l'exemple de la section GE1_SORTIE2, en période de pointe, on peut atteindre 20 arrêts. La pointe de l'après-midi est moins marquée que celle du matin et se déroule entre 16h00 et 17h00. Cependant, après intégration des espaces de livraison, on constate que le nombre des arrêts de véhicules a diminué de 70% par rapport à la situation initiale. En période de pointe matin (11h00) nous avons 6 arrêts. Bien évidemment, en période creuse entre 13h00 et 14h00, le simulateur n'a enregistré aucun arrêt car la rue n'est pas encombrée. La figure 62 fournit les résultats de l'évolution des arrêts entre les deux situations.

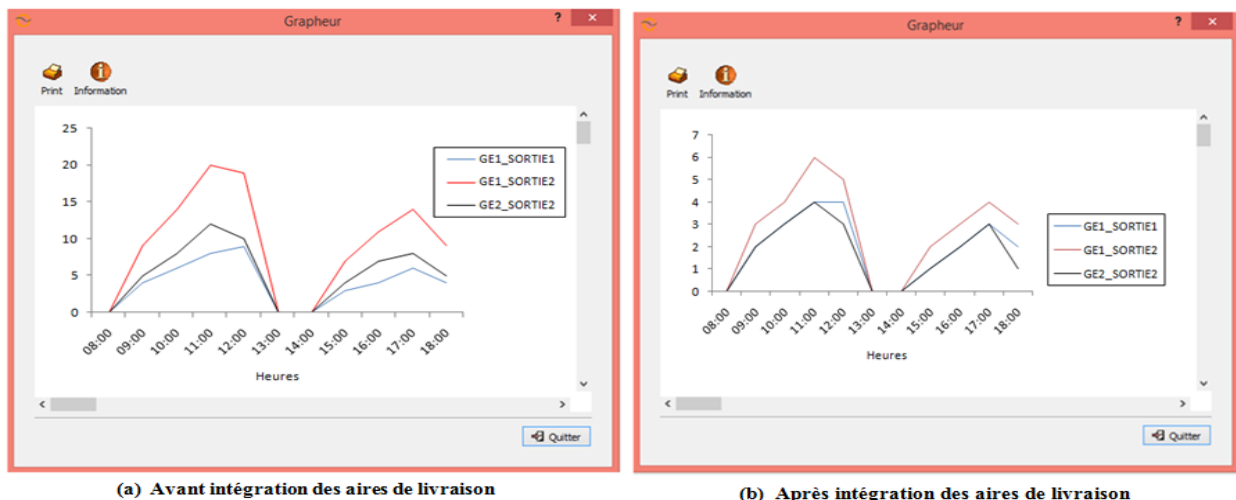


Figure 62. Nombre d'arrêt avant et après implantation des aires de livraison

2.4. Retard d'arrêt

Même si le nombre d'arrêt a diminué véritablement après l'implantation des aires de livraison, on ne peut pas affirmer le constat de diminution de la congestion sans analyser le temps perdu par les véhicules en situation arrêt. C'est pourquoi, nous avons retenu le critère « Retard d'arrêt » pour confirmer ce constat. En analysant les résultats illustrés dans la figure 63, nous remarquons une forte diminution du retard d'arrêt après implantation des aires de livraison. En effet dans la situation initiale, nous avons deux pointes : une pointe à 11h00 du matin qui a enregistré un retard d'arrêt de 480 secondes (8min) et une pointe de l'après-midi beaucoup moins marquée avec un retard de 240 secondes (4min). Ces retards correspondent principalement à une situation d'un véhicule situé en deuxième position effectuant un chargement ou un déchargement de marchandises à proximité de son point de service.

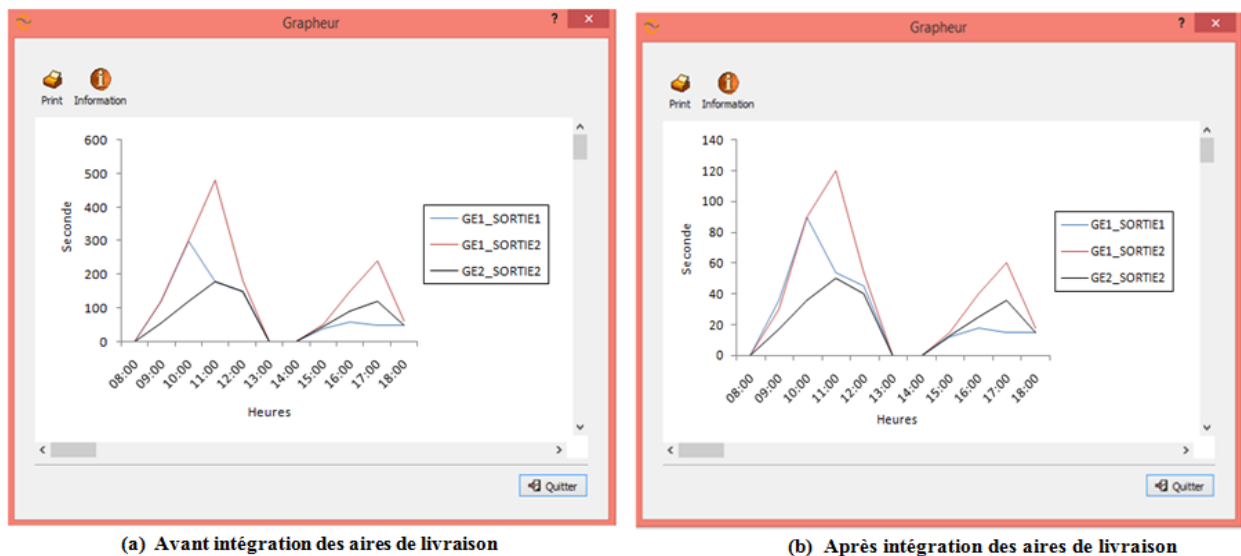


Figure 63. Temps d'arrêt des véhicules avant et après implantation des aires de livraison

Après intégration des espaces de livraison, le temps perdu par les véhicules en arrêt a diminué de 75% par rapport aux valeurs initiales. Le retard d'arrêt maximal peut atteindre 120 secondes en période de pointe. Ce résultat explique absolument le rôle des aires de livraison dans l'amélioration de l'accessibilité aux conducteurs-livriers, la diminution de la congestion et l'accidentalité grâce à l'élimination de la recherche de stationnement.

2.5. Temps inter véhicules

La variabilité de ce critère fournit une indication sur la détérioration de la fluidité du trafic routier (Zhao et al., 2015). En effet, lorsque la fluidité du trafic est très détériorée, les véhicules qui traversent la voirie se suivent à une distance sécuritaire minimale et donc le temps inter véhicules est très réduit. Par contre, dans une situation où le trafic est moindre, les espaces existants entre les véhicules sont plus grands et bien évidemment le temps inter véhicule augmente. Les résultats de ces deux situations sont indiqués dans la figure 64.

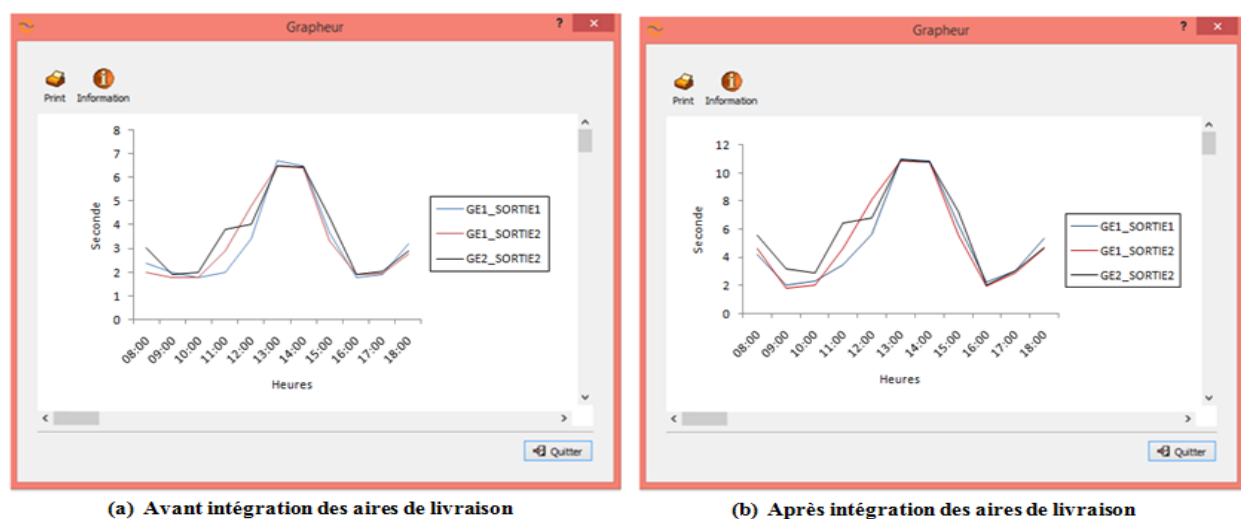


Figure 64. Temps inter véhicule avant et après intégration des aires de livraison

3. Test d'optimalité (Cas de l'implantation de quatre aires de livraison)

Maintenant, la question qui se pose est le fait que l'implantation de trois aires de livraison est suffisante pour améliorer la fluidité du trafic dans la zone d'étude ou il faut rajouter d'autres espaces. Pour répondre à cette question, nous avons proposé un autre scénario permettant de simuler l'écoulement des véhicules en présence de quatre aires de livraison. La figure 65 illustre cette situation :

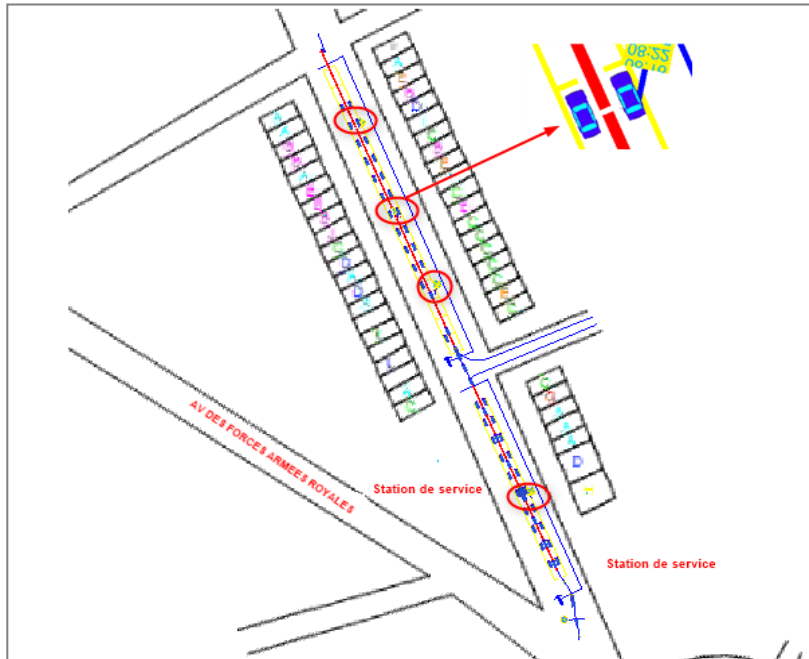


Figure 65. Simulation du trafic en présence de quatre aires de livraison

Pour la génération des résultats de simulation, nous avons retenu la même configuration du scénario de simulation précédant avec les mêmes données du trafic mais en rajoutant une quatrième aire de livraison dans le réseau étudié. Nous avons choisi les critères de mesures que nous avons déjà utilisés ainsi que celui permettant de mesurer le taux d'occupation de chaque aire. La figure 66 fournit une indication sur ce dernier. En analysant, les résultats obtenus, il apparaît clairement que la quatrième aire de livraison ne représente pas un intérêt pour les conducteurs/livreurs puisque son taux d'occupation ne dépasse pas 8% pendant les périodes à forte densité commerciale. Contrairement, aux autres aires de livraison qui sont utilisées à leur plein potentiel. Ces résultats confirment désormais une grande correspondance entre le calcul théorique et la simulation. Dès lors, l'implantation de trois aires de livraison représente la situation optimale à mettre en place dans la zone d'étude.

La comparaison entre les résultats des critères mesurés dans les deux situations conduit à approuver le rôle des aires de livraison dans l'amélioration de la fluidité du trafic routier à travers la diminution des arrêts et du temps de parcours, l'augmentation de la vitesse de parcours et du

temps inter véhicule. Ces éléments permettent entre autres la diminution de la congestion, de l'insécurité routière et l'augmentation de l'accessibilité au niveau du tronçon étudié.

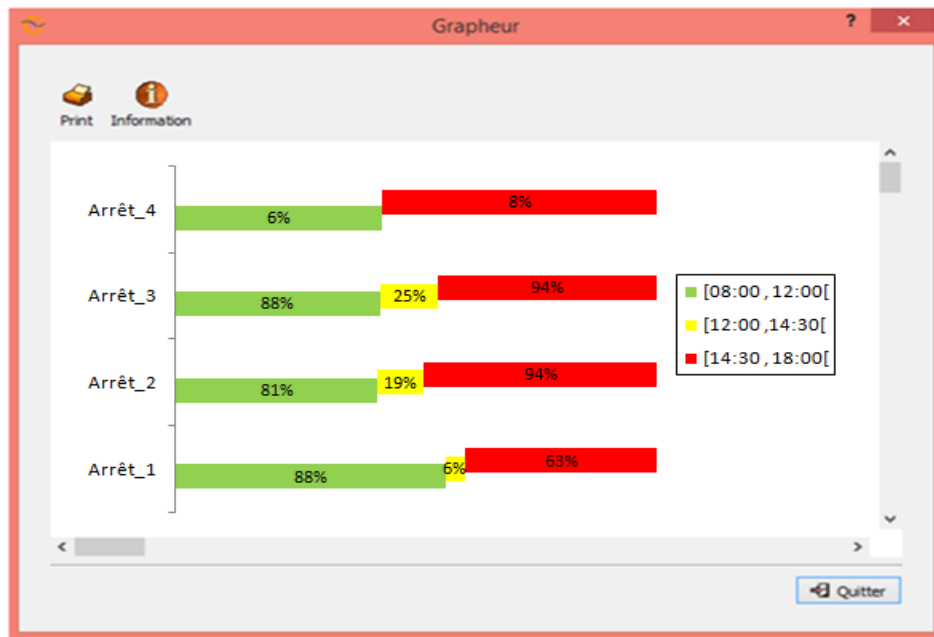


Figure 66. Taux d'occupation des aires de livraison

La comparaison des résultats des autres critères de mesures procurés par la mise en place de trois et de quatre aires de livraison est illustrée dans les figures 67 et 68. Cette comparaison indique une ressemblance importante entre les résultats des deux situations. De ce fait, l'implantation d'une quatrième aire de livraison ne présente pas un intérêt dans l'amélioration de la circulation des véhicules au niveau de la zone d'étude.

Nombre d'arrêt en présence de 3 aires de livraison



Nombre d'arrêt en présence de 4 aires de livraison



Retard d'arrêt (3 aires de livraison)

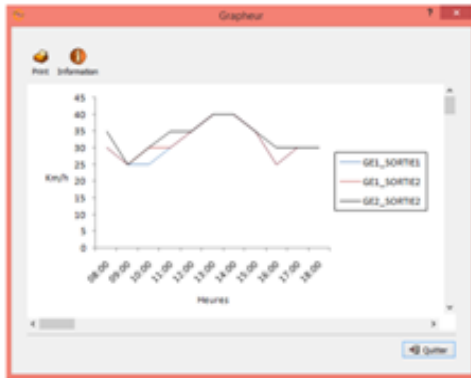


Retard d'arrêt (4 aires de livraison)



Figure 67. Comparaison du nombre du retard d'arrêt en présence de 3 et 4 aires de livraison

Vitesse de parcours (3 aires de livraison)



Vitesse de parcours (4 aires de livraison)



Temps de parcours (3 aires de livraison)



Temps de parcours (4 aires de livraison)



Temps inter-véhicule (3 aires de livraison)



Temps inter-véhicule (4 aires de livraison)



Figure 68. Comparaison du temps et de la vitesse de parcours et du temps inter-véhicule en présence de 3 et de 4 aires de livraison

Conclusion

Au niveau de ce chapitre nous avons proposé une l'approche « DASSIA » pour évaluer l'impact de l'implantation des aires de livraison sur l'écoulement du trafic à travers la simulation dynamique en mobilisant l'outil de simulation Dynasim dont nous avons décroché une version académique dans le cadre de ce projet de thèse. Au préalable, nous avons expliqué les deux concepts : simulation & modélisation. Puis, nous avons présenté les modèles et les outils de la simulation dynamique du trafic. Par la suite, nous avons détaillé l'ensemble des étapes aboutissant à la simulation. Il s'agit de trois phases principales : la pré-simulation ; la simulation et la post-simulation. Afin de visualiser et analyser les résultats de simulation en utilisant le grapheur de Dynasim, nous avons retenu trois points de mesures P1, P2 et P3 associés respectivement à trois

sections différentes de la rue de Cunny. De ce fait, un ensemble de critères a été choisi pour démontrer les impacts microscopiques des problèmes de circulation survenus dans le tronçon d'étude, à savoir : le temps de parcours, la vitesse de parcours, le nombre d'arrêt, le retard d'arrêt et le temps inter-véhicule. La comparaison des résultats de simulation de la situation de référence et celle avec implantation des aires de livraison prouve désormais le rôle de ces espaces dans l'amélioration des conditions de circulation au niveau de la voirie. Finalement, afin de vérifier la validité des données de l'enquête et des calculs théoriques réalisés auparavant pour estimer le besoin des aires de livraison, nous avons simulé la situation du trafic en présence de quatre aires de livraison et nous avons comparé les résultats de cette situation avec ceux en présence de trois aires de livraison. En conséquence, cette comparaison indique une ressemblance importante entre les résultats des deux situations. De ce fait, l'implantation d'une quatrième aire de livraison ne présente pas un intérêt dans l'amélioration de la circulation des véhicules au niveau de la zone d'étude.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail de recherche, il convient de faire le parcours de cette thèse, d'en tirer les conclusions à propos de la réponse à la problématique traitée, de nos principaux apports ainsi que des conditions de mise en œuvre de la démarche.

Dans cette thèse nous nous sommes intéressés à la proposition d'un modèle d'évaluation de la performance du transport de marchandises en ville et à la préparation à la mise en place des aires de livraisons qui représentent une des mesures opérationnelles pour l'amélioration de cette performance dans le cas d'une rue commerciale. Ensuite, nous avons fait appel à la simulation dynamique à travers l'outil Dynasim pour étudier l'impact de cette solution sur l'écoulement du trafic. De ce fait, la démarche de recherche a mobilisé de nombreux outils empruntant à plusieurs disciplines, cherchant à retirer de chacun d'eux des clés pour répondre à la problématique de recherche. Nous avons manié différents types de diagramme, Logiciel de dessin « Edraw Max », logiciel de calcul PLS « SmartPLS » et le simulateur « Dynasim ».

Récapitulatif des apports de la thèse

Les apports de cette thèse sont à caractère théorique et opérationnel. Nous proposons de les détailler comme suit :

Apports théoriques

Ce travail de recherche constitue une démarche à la croisée du terrain et du laboratoire. En effet, la démarche mise au long de la thèse prend la forme d'un diptyque : Etude théorique/Etude empirique et enquête de terrain. Ces deux aspects complémentaires constituent les points cardinaux de cette thèse. Le dialogue constant entre les connaissances théoriques, les besoins du terrain et les possibilités de la recherche représente une des richesses de la thèse.

Les apports théoriques proviennent, en premier lieu, du fait que nous avons poussé la réflexion sur l'intérêt de la modélisation. Nous avons proposé un modèle d'évaluation de la performance du TMV. Dans le but est d'identifier les facteurs et de mesurer le degré d'influence de chaque facteur sur la performance du TMV. Nous avons, au préalable, nous avons délimité le champ d'analyse du TMV et identifié les grands problèmes à travers une analyse causale et nous avons mis en évidence les interactions entre ces éléments. Ensuite, nous avons construit le diagramme d'influence pour visualiser les relations causales à l'intérieur du système. Ces deux étapes ont été enrichies par une revue de littérature afin de mettre en lumière le contexte de la performance du TMV et d'identifier les facteurs qui peuvent l'influencer. Le résultat de ces trois étapes nous a permis de modéliser, en mobilisant la Grille GRAI, le système du TMV pour dégager les liens décisionnels entre ces facteurs. Par la suite, afin d'examiner l'impact de chaque facteur

étudié sur la performance du TMV, nous avons décomposé les relations d'influences au sein du modèle en hypothèses en se basant sur les principaux travaux théoriques et empiriques l'ayant traité. Les apports théoriques sont également issus de l'utilisation de la méthode PLS pour la validation du modèle et des hypothèses montrant la faisabilité de telle approche dans le cas du TMV, utilisée d'ordinaire dans la modélisation des processus organisationnelles. Pour ce faire, nous avons employé un mode de raisonnement hypothético-déductif conjuguant une enquête qualitative pour consolider les hypothèses de notre modèle et une enquête quantitative pour estimer les interrelations facteur/performance.

D'autres apports théoriques de ce travail se manifestent dans la proposition d'une méthodologie de conception des aires de livraison et dans la proposition de la méthodologie DASSIA issue de l'utilisation de la simulation dynamique pour l'étude d'impact de l'implantation des aires de livraison sur l'écoulement du trafic en mobilisant le simulateur Dynasim. La méthodologie s'articule autour de trois phases principales : la pré-simulation ; la simulation et la post-simulation. Afin de visualiser et analyser les résultats de simulation en utilisant le grapheur de Dynasim, nous avons retenu trois points de mesures P1, P2 et P3 associés respectivement à trois sections différentes de la rue de Cunny. De ce fait, un ensemble de critères a été choisi pour démontrer les impacts microscopiques des problèmes de circulation survenus dans le tronçon d'étude, à savoir : le temps de parcours, la vitesse de parcours, le nombre d'arrêt, le retard d'arrêt et le temps inter-véhicule.

Apports opérationnels

Ce travail de recherche fournit des apports concerts et opérationnels pour les acteurs de la logistique urbaine. Le modèle d'évaluation de la performance du TMV fournit une vision claire sur le degré d'influence de chaque facteur et un cadre décisionnel au profit des responsables (Entreprises et pouvoirs public) via un ensemble de principes d'action les aidant à générer des scénarios d'amélioration du transport de marchandises en ville et à prendre des décisions. Il constitue également un média puissant qui permet de dialoguer la situation du transport de marchandises en ville avec ces acteurs.

Cette thèse fournit également une contribution à travers la proposition d'une enquête, menée dans le cas d'une rue commerciale, pour la mise en place des aires de livraison. A notre connaissance, à part les rapports et les guides nationaux, aucune thèse de doctorat au Maroc n'a proposée une telle démarche. Il s'agit une approche que les pouvoirs publics peuvent utiliser pour saisir les besoins urbains rapidement et efficacement et permettre ainsi une réplification simple du cadre proposé dans d'autres villes.

Enfin, une autre contribution opérationnelle de ce travail de recherche est celle de l'utilisation de l'outil Dynasim pour simuler les conditions de l'écoulement du trafic avant et après intégration des aires de livraison dans le cas de la rue de Cunny. La comparaison des résultats de ces critères de la situation de référence et celle avec implantation des aires de livraison prouve désormais le rôle de ces espaces dans l'amélioration des conditions de circulation au niveau de la voirie. Finalement, afin de vérifier la validité des données de l'enquête et des calculs théoriques réalisés auparavant pour estimer le besoin des aires de livraison, nous avons simulé la situation du trafic en présence de quatre aires de livraison et nous avons comparé les résultats de cette situation avec ceux en présence de trois aires de livraison. En conséquence, cette comparaison indique une ressemblance importante entre les résultats des deux situations. De ce fait, l'implantation d'une quatrième aire de livraison ne présente pas un intérêt dans l'amélioration de la circulation des véhicules au niveau de la zone d'étude. Bien que ce travail de recherche présente des apports sur le plan méthodologique et opérationnel, il a néanmoins un certain nombre de limites.

Limites de la thèse

Les limites de ce travail de recherche se manifestent d'un point de vue technique par l'ampleur du travail nécessaire pour réaliser les enquêtes pour la validation des hypothèses du modèle sur le terrain et l'enquête de la préparation à la mise en place des aires de livraison dans le cas de la rue de Cunny. En effet, la validation du modèle d'évaluation de la performance du TMV présente des limites puisque nous avons tiré un échantillon d'une seule ville et les résultats se concentrent fortement sur l'explication des raisons pour lesquelles les trois hypothèses rejetées peuvent ne pas tenir dans ce cadre. Dès lors, nous essayons de valider ce modèle sur d'autres échantillons car la collecte de données provenant de plusieurs villes non seulement augmenterait la taille de l'échantillon de recherche, mais fournirait aussi des variations dans les systèmes de transport de marchandises de la ville, les niveaux d'accessibilité et de congestion et les variables de résultat.

Il est également dommage de ne pas avoir employé les techniques de comptage automatique du trafic dans la réalisation de l'enquête du comptage au niveau de la rue de Cunny. Cela n'empêche pas que nous avons réalisé un inventaire des techniques de comptage automatique du trafic routier et nous avons choisie par la suite celle de la vidéo surveillance qui permet à la fois le comptage et la reconnaissance des véhicules. Néanmoins, malgré les efforts déployés nous n'avons pas obtenu l'autorisation pour installer ce mécanisme.

Perspectives de développement

Les limites exposées sont autant de lignes à franchir et de questions ouvrant un grand nombre de pistes de travail pour la suite.

En effet, le modèle d'évaluation de la performance du TMV peut être également amélioré en intégrant les acteurs dans le modèle. C'est un premier pas prometteur qui peut rendre l'intégration des parties prenantes dans la modélisation du TMV. La limite de la validation du modèle sur un échantillon réduit sur le plan géographique et sur le plan des répondants, peut être contournée l'adoption de d'autres échantillons de validation.

L'implantation des aires de livraison semble être un levier prometteur pour l'amélioration de la performance du TMV. Il sera également très intéressant de quantifier le besoin et d'étudier la faisabilité de l'implantation des aires de livraison dans d'autre rues commerciales et notamment d'autres villes marocaines. Il pourra être également nécessaire d'avoir une licence à longue durée pour réaliser la suite de ses travaux de simulation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARTICLES SCIENTIFIQUES

- Abreu Silva, J., & Alho, A. R. (2017). Using Structural Equations Modeling to explore perceived urban freight deliveries parking issues. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 102, 18–32.
- Alho, A. R., Abreu Silva, J., de Sousa, J. P., & Blanco, E. (2018). Improving mobility by optimizing the number, location and usage of loading/unloading bays for urban freight vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, pp.3-18.
- Allen, J., Browne, M., & Cherrett, T. (2012). Survey techniques in urban freight transport studies. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 32(3), 287–311.
- Ambrosini, C., Gonzalez-Feliu, J., & Toilier, F. (2013). A design methodology for scenario-Analysis in urban freight modelling. *European Transport*.
- Ambrosini, C., Patier, D., & Routhier, J. L. (2010). Urban freight establishment and tour based surveys for policy oriented modelling. In *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2, pp. 6013–6026.
- Amiri Khorheh, M., Moisiadis, F., & Davarzani, H. (2015). Socio-environmental performance of transportation systems. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 26(6), 826–851. <https://doi.org/10.1108/MEQ-09-2014-0140>
- Anand, N., Quak, H., van Duin, R., & Tavasszy, L. (2012). City Logistics Modeling Efforts: Trends and Gaps - A Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 39, 101 – 115.
- Apronti, D., Ksaibati, Kh., Gerow, K., Hepner, J.J. (2016). Estimating traffic volume on Wyoming low volume roads using linear and logistic regression methods. *Journal of traffic and transportation engineering*, 3(6), pp.493-506.
- Barthelemy, M. (2016). A global take on congestion in urban areas. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 43(5), pp. 800–804.
- Bask, A., & Rajahonka, M. (2017). The role of environmental sustainability in the freight transport mode choice: A systematic literature review with focus on the EU. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 47(7), pp. 560–602.
- Boik, R. J. (2013). Model-based principal components of correlation matrices. *Journal of Multivariate Analysis*, 116, 310–331.
- Bonnell, P. (2002). Pr vision de la demande de transport. *Cybergeo : European Journal of Geography*.
- Bougeard, S., Hanafi, M., & Qannari, E. M. (2008). Continuum redundancy-PLS regression: A simple continuum approach. *Computational Statistics and Data Analysis*, 52(7), 3686–3696.
- Browne, M., Allen, J., Woodburn, A., Patier, D., Routhier, J.-L., Ambrosini, C., Jaller, M. (2014). Comprehensive Freight demand Data Collection Framework for Large Urban Areas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1–13.
- Cantillo, V., Amaya, J., & Ort zar, J. de D. (2010). Thresholds and indifference in stated choice surveys. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(6), 753–763.
- Carrie, A.S., Macintosh, R. (2010), "An assessment of GRAI Grids and their use in the Strathclyde Integration Method", *Production Planning and Control : The Management of Operations*, 8(2), pp.106-113.
- Carrara, S., & Longden, T. (2016). Freight futures: The potential impact of road freight on climate policy. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1(1), 1–14.
- Chiou, J. M., Yang, Y. F., & Chen, Y. T. (2016). Multivariate functional linear regression and prediction. *Journal of Multivariate Analysis*, 146, 301–312.
- Cho, D. W., Lee, Y. H., Ahn, S. H., & Hwang, M. K. (2012). A framework for measuring the performance of service supply chain management. *Computers & Industrial Engineering*, 62(3), 801–

- Ciaramella, A., Puglisi, V., & Truppi, T. (2014). Environmental performance assessment for urban districts. *Journal of Place Management and Development*, 7(1), 74–89.
- Comi, A., & Nuzzolo, A. (2014). Simulating Urban Freight Flows with Combined Shopping and Restocking Demand Models. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 125. Elsevier B.V.
- Comi, A., Site, P. D., Filippi, F., & Nuzzolo, A. (2012). Urban freight transport demand modelling: A state of the art. *European Transport Journal*.
- Cui, J., Dodson, J., Peter V. (2015). Planning for Urban Freight Transport: An Overview. *Transport Review*, 35 (5), pp. 583-598.
- Dablanc, L., Giuliano, G., Holliday, K., & O'Brien, T. (2013). Best Practices in Urban Freight Management: Lessons from an International Survey. *Transportation Research Record*, (2379), pp. 29–38.
- Delaître, L., & Routhier, J. L. (2010). Mixing two French tools for delivery areas scheme decision making. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 6274–6285.
- Dugot, P. (2014). La logistique urbaine, constat, projets et difficultés. *Les Cahiers Du Développement Urbain Durable*, 1–18.
- Eksioglu, B., Vural, A. V., & Reisman, A. (2009). The vehicle routing problem: A taxonomic review. *Computers & Industrial Engineering*, 57(4), 1472–1483.
- Fellendorf, M., & Vortisch, P. (2010). Microscopic traffic flow simulator VISSIM. *International Series in Operations Research and Management Science*, 145, pp. 63–93.
- Fernandes, V. (2012). En quoi l'approche PLS est-elle une méthode a (re)-découvrir pour les chercheurs en management ? *Cairn Info. Management review.*, 1(1), 102–123.
- Figliozzi, M. A. (2010). The impacts of congestion on commercial vehicle tour characteristics and costs. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(4), 496–506.
- Fleury, D. (2004). Integrating road safety into local action: seeking coherence between space and network. *Cairn Info. Spaces and societies review*. Vol. 118, pp. 63-77.
- Forslund, H. (2012). Performance management in supply chains: logistics service providers' perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(3), 296–311.
- Gardrat, M., & Serouge, M. (2016). Modeling Delivery Spaces Schemes: Is the Space Properly used in Cities Regarding Delivery Practices? *Transportation Research Procedia*, 12, pp. 436–449.
- Gonzalez-Feliu, J., Ambrosini, C., Gardrat, M., & Routhier, J.-L. (2012). Comprendre les chaînes de déplacements pour l'approvisionnement des ménages : une approche empirique. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 31(3), 105–122.
- Gonzalez-Feliu, J., & Routhier, J.-L. (2012). Modeling Urban Goods Movement: How to be Oriented with so Many Approaches? *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 39, 89–100.
- Gössling, S., Schröder, M., Späth, P., & Freytag, T. (2016). Urban Space Distribution and Sustainable Transport. *Transport Reviews*, 36(5), 659–679.
- Haghshenas, H., & Vaziri, M. (2012). Urban sustainable transportation indicators for global comparison. *Ecological Indicators review*, 15(1), 115–121.
- Hair, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2012). Partial Least Squares (PLS) Path Modeling in Strategic Management Research and Practice . *Long Range Planning*, 1–2.
- Hair Jr, J. F., Sarstedt, M., Hopkins, L., & G. Kuppelwieser, V. (2014). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): an emerging tool in business research. *European Business Review*, 26(2), 106–121.
- Hänseler, F. S., Lam, W. H. K., Bierlaire, M., Lederrey, G., & Nikolić, M. (2017). A dynamic network loading model for anisotropic and congested pedestrian flows. *Transportation Research Part B: Methodological*, 95, 149–168.

- Hatzopoulou, M., Miller, E.J. (2009). Transport policy evaluation in metropolitan areas: The role of modelling in decision-making. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 43, pp.323-338.
- Hickman, R., Hall, P., & Banister, D. (2013). Planning more for sustainable mobility. *Journal of Transport Geography*, 33, 210–219.
- Hwang, H., Malhotra, N. K., Kim, Y., Tomiuk, M. A., & Hong, S. (2010). A Comparative Study on Parameter Recovery of Three Approaches to Structural Equation Modeling. *Journal of Marketing Research*, 47(4), 699–712.
- Jami, J., & Kammas, S. (2013). La Pratique du développement durable par les transporteurs Routiers Maroc) Etat des lieux, impacts sur l'environnement et recommandation. *European Scientific Journal*, 9(23), pp.112–153.
- John, L. R., Tolford, T., (2018). A planning tool for evaluating vehicles miles travelled and traffic safety forecasts of growth management scenarios: A case study of Baton Rouge and New Orleans. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59 (3), pp. 237-245
- Johansson, H., and Björklund, M. (2017), "Urban consolidation centres: retail stores' demands for UCC services", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 47 N°7, pp. 646–662.
- Karakikes, I., & Nathanail, E. (2017). Simulation Techniques for Evaluating Smart Logistics Solutions for Sustainable Urban Distribution. *Procedia Engineering*, 178, pp. 569–578.
- Kaufmann, L., & Gaeckler, J. (2015). A structured review of partial least squares in supply chain management research. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 21(4), 259–272.
- Kim, G., Ong, Y. S., Heng, C. K., Tan, P. S., & Zhang, N. A. (2015). City Vehicle Routing Problem (City VRP): A Review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(4), 1654–1666.
- Kishimoto, P.N., Karplus, V. J., Zhong, M., Saikawa, E., Zhang, X. (2017). The impact of coordinated policies on air pollution emissions from road transportation in China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 54, pp 30-49
- Ladyman, J., Lambert, J., & Wiesner, K. (2013). What is a complex system? *European Journal for Philosophy of Science*.
- Lagorio, A., Pinto, R., & Golini, R. (2016). Research in urban logistics: a systematic literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46(10), 908–931.
- Lee, L., Petter, S., Fayard, D., & Robinson, S. (2011). On the use of partial least squares path modeling in accounting research. *International Journal of Accounting Information Systems*, 12(4), 305–328.
- Liimatainen, H., Hovi, I. B., Arvidsson, N., & Nykänen, L. (2015). Driving forces of road freight CO₂ in 2030. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 45(3), 260–285.
- Lindholm, M. (2010). A sustainable perspective on urban freight transport: Factors affecting local authorities in the planning procedures. In *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2, pp. 6205–6216.
- Lopez-Neri, E., Ramirez-Trevino, A., & Lopez-Mellado, E. (2010). A modeling framework for urban traffic systems microscopic simulation. In *Simulation Modelling Practice and Theory*, 18, pp. 1145–1161.
- Lyons, L., Lozano, A., Granados, F., Guzmán, A., & Antøen, J. P. (2012). Impact of the recent environmental policies on the freight transportation in Mexico City. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 39, pp. 437–449.
- Makhloufi, R., Cattaruzza, D., Meunier, F., Absi, N., & Feillet, D. (2015). Simulation of Mutualized Urban Logistics Systems with Real-time Management. In *Transportation Research Procedia*, 6, pp. 365–376.

- Marcucci, E., Gatta, V., Scaccia, L. (2015). Urban freight, parking and pricing policies: An evaluation from a transport providers' perspective. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol.74, pp.239-249.
- McLeod, F., & Cherrett, T. (2011). Loading bay booking and control for urban freight. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 14(6), 385–397.
- Milan, L., Kin, B., Verlinde, S., Macharis, C (2015). Multi-actor multi-criteria analysis for sustainable city distribution: A new assessment framework. *International Journal of Multicriteria Decision Making*, 5(4), pp. 334-354.
- Morana, J. (2015). La logistique urbaine durable de demain Sustainable Urban Logistics of Tomorrow. *Logistique & Management*.
- Morana, J., & Gonzalez-Feliu, J. (2010). La logistique du dernier kilomètre : les défis d'un transport urbain " vert ." *La Revue Gestion*, pp. 1–12.
- Morana, J., & Gonzalez-Feliu, J. (2011). Le transport urbain vert de marchandises : leçons tirées de l'expérience de la ville de Padoue en Italie. *Revue Gestion (HEC)*, 36(2), 18–26.
- Mori, K., & Christodoulou, A. (2012). Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (CSI). *Environmental Impact Assessment Review*.
- Muñuzuri, J., Cuberos, M., Aburrea, F., and Escudero, A. (2017), Improving the Design of Urban Loading Zone Systems. *Journal of Transport Geography*, Vol. 59, pp. 1–13.
- Oliveira, L. K., Regina Pinto Oliveira, B., & Assis Correia, V. (2014). Simulation of an Urban Logistic Space for the Distribution of Goods in Belo Horizonte, Brazil. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125, pp.496–505.
- Patier, D., & Browne, M. (2010). A methodology for the evaluation of urban logistics innovations. In *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2, pp. 6229–6241.
- Patier, D., & Routhier, J.-L. (2008). BESTUFS - D 3.2: Best Practice in data collection, modelling approaches and application fields for urban commercial transport models. *Simulation*, 1–61.
- Patier, D., David, B., Chalon, R., & Deslandres, V. (2014). A New Concept for Urban Logistics Delivery Area Booking. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125, pp. 99–110.
- Patier, D., & Routhier, J.-L. (2009). Une méthode d'enquête du transport de marchandises en ville pour un diagnostic en politiques urbaines. *Les Cahiers Scientifiques Du Transport*, 55, pp.11–38.
- Peng, D. X., & Lai, F. (2012). Using partial least squares in operations management research: A practical guideline and summary of past research. *Journal of Operations Management*, 30(6), 467–480.
- Persia, L., Cipriani, E., Sgarra, V., & Meta, E. (2016). Strategies and Measures for Sustainable Urban Transport Systems. *Transportation Research Procedia*, 14, pp. 955–964.
- Pinto, R., Lagorio, A., Golini, R. (2018). The location and sizing of urban freight loading/unloading lay-by areas. *International Journal of Production Research*, 56, pp. 1-17.
- Proost, S., & Dender, K. Van. (2008). Optimal urban transport pricing in the presence of congestion, economies of density and costly public funds. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(9), 1220–1230.
- Pumain, D., Saint-Julien, T., & Sanders, L. (2015). Vers une modélisation de la dynamique intra urbaine. *Espace Géographique*, pp. 125–135.
- Reiman, A., Forsman, M., Malqvist, I., Parmasund, M., Norberg, A. L. (2018) Risk factors contributing to truck drivers' non-driving occupational accidents", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48(2), pp.183-199
- Rosales, N. (2011). Towards the modeling of sustainability into urban planning: Using indicators to build sustainable cities. *Procedia Engineering*, 21, pp. 641–647.
- Safirova, E., Gillingham, K., Houde, S. (2007) Measuring marginal congestion costs

- of urban transportation: Do networks matter? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41, pp. 734-749.
- Sanchez-Díaz, I. (2017). Modeling urban freight generation: A study of commercial establishments' freight needs. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 102, 3–17.
- Shaaban, K., & Kim, I. (2015). Comparison of SimTraffic and VISSIM microscopic traffic simulation tools in modeling roundabouts. *Procedia Computer Science*, 52, pp. 43–50.
- Song, S., Diao, M., & Feng, C. C. (2016). Individual transport emissions and the built environment: A structural equation modelling approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 92, pp. 206–219.
- Streukens, S., & Leroi-Werelds, S. (2016). Bootstrapping and PLS-SEM: A step-by-step guide to get more out of your bootstrap results. *European Management Journal*, 34(6), 618–632.
- Swamy, S., & Baindur, D. (2014). Managing urban freight transport in an expanding city — Case study of Ahmedabad. *Research in Transportation Business & Management*, 11, pp. 5–14.
- Sweet, M. (2014). Traffic Congestion's Economic Impacts: Evidence from US Metropolitan Regions. *Urban Studies*, 51(10), 2088–2110.
- Tamayo, S., Gaudron, A., & De la Fortelle, A. (2017). Rendre efficaces les aires de livraison. *TEC Mobilité Intelligente*, 233, 36–27.
- Tiwari, G., Jain, D., Ramachandra Rao, K., (2016). Impact of public transport and non-motorized transport infrastructure on travel mode shares, energy, emissions and safety: Case of Indian cities, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol 44 Issue 5 pp. 277-291.
- Toilier, F., Serouge, M., Routhier, J. L., Patier, D., & Gardrat, M. (2016). How can Urban Goods Movements be Surveyed in a Megacity? the Case of the Paris Region. *Transportation Research Procedia*, Vol. 12, pp. 570–583.
- Yin, D., & Qiu, T. (2011). Comparison of Macroscopic and Microscopic Simulation Models in Modern Roundabout Analysis. *Transportation Research Record*, 2265(1), pp.244-252.
- Zhao, C., Du, Y., Zhang, X, Sun, L.. (2015). Microscopic simulation evaluation method on access traffic operation. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 53, pp. 139-148.
- Zhu, F., Ukkusuri, S.V. (2017). An Optimal Estimation Approach for the Calibration of the Car-Following Behavior of Connected Vehicles in a Mixed Traffic Environment. *Intelligent Transportation Systems IEEE Transactions*, 18, pp. 282-291

OUVRAGES SCIENTIFIQUES

- Arnab, R. (2017). Chapter 19: Complex Surveys : Categorical Data Analysis. *Surveys Sampling Theory and Applications*, pp. 645-671
- Black, J. (2018). *Urban transport planning : Theory and Practice*. Routledge Library Editions: Urban planning, pp. 252. London.
- Bonnel, P., Lee-Gosselin, M., Madre, J.-L., & Zmud, J. (2009). Keeping Up with a Changing World: Challenges in the Design of Transport Survey Methods. In *Transport Survey Methods*, pp. 3–14.
- Costeseque, G. (2013), Chapitre 30 : Modélisation et simulation dans le contexte du trafic routier, *Modéliser & simuler. Espistémologies et pratiques de la modélisation et de la simulation*, Tom 1, Editions Matériologiques, pp. 804–974.
- Crozet, Y., (2012), *The Three Stages of Accessibility: The Coming Challenge of Urban Mobility, Transport and Sustainability*, Vol 3, Emerald Group Publishing Limited, pp.79 - 97
- Frongillo, E. A. (2012). *Analysis of Complex Surveys*. 1st Edition, StatNews.

- Morana, J., & Gonzalez-Feliu, J. (2010). Capitre X. In Indicateurs de performance, pp. 1–18.
- Ramachandran, K. M., & Tsokos, C. P. (2015). Mathematical Statistics with Applications. Mathematical Statistics with Applications.
- Rothman, K. J., Greenland, S., & Lash, T. L. (2008). Causal Diagrams. *Modern Epidemiology*, pp. 183–209.
- Smith, G. (2015). Chapter 7: Hypothesis Testing. *Essential Statistics, Regression and Econometrics* (Second Edition), pp. 189–218.
- Testa, M. A., & Simonson, D. C. (2016). The Use of Questionnaires and Surveys. *Clinical and Translational Science: Principles of Human Research: Second Edition*, pp. 207–226.

ACTES DE CONFERENCE

- Abdelhai, L., Malhéné, N., & Gonzalez-Feliu, J. (2014). Logistique urbaine durable : le CDU, un point de convergence entre les différents acteurs. In SIL. Marrakech, Maroc.
- Akoudad, K., Jawab, F. (2015). Modélisation des chaînes internationales de logistique et transport : état de l'art, Colloque International LOGISTIQUA 2015, Ecole Supérieure de Technologie, Safi-Maroc.
- Brignone, A., (2011). The New Cube Dynasim: New Features and Examples of Simulation of Parking Lots. FUTURA 2011. CITILABS' Annual International User Conference.
- Ducq, Y., & Berrah, L. (2009). Supply Chain Performance Measurement: management models, performance indicators and interoperability. *IFAC Proceedings Volumes*, 42(4), 2053–2058.
- Duret, A. (2013). Pourquoi régule-t-on ? CETE (Ed.), Journée COTITA « Modélisation du trafic » pp. 36. Lyon.
- Gacogne, V., Kennedy, M., Winch, G. W., Langer, R. S., Rowe, J. I., & Yanni, J. M. (2004). Impact of Freight Transport Costs and Pricing on Logistical Systems : A System Dynamics Modeling Approach (The SANDOMA Model). *Proceedings of the 22nd International Conference of the System Dynamics Society*, 1–16.
- Graindorge, T., Breuil, D., & Malhene, N. (2015). Evaluation et transférabilité des solutions d'organisation du Transport de Marchandises en Ville (TMV). In 11e Congrès International de Génie Industriel – CIGI2015,. Québec.
- Guyon, O., Absi, N., Boudouin, D., & Feillet, D. (2010). Plates-formes en centre ville pour la Logistique Urbaine etude sur la ville de Marseille. In 2ème Journée de Recherche “Mobilité, Transport et Logistique” (MTL) (pp. 1–9). Lyon.
- Guyon, O., Absi, N., Feillet, D., & Garaix, T. (2011). Modélisation pour la localisation de plateformes logistiques pour le transport de marchandises en ville. In 3ème Journée de Recherche “Mobilité, Transport et Logistique”, Lyon.
- Jlassi, S., Tamayo, S., & Gaudron, A. (2017). Simulation Applied To Urban Logistics: a State of the Art. 10th International Conference on City Logistics, Phuket, Thailand.
- Jaegler, A., & Gondran, N. (2013). Comment réduire l'impact carbone du transport routier sur la chaîne logistique? 10e Congrès International de Génie industriel, La Rochelle, France
- Morana, J., & Gonzalez-Feliu, J. (2012). Le tableau de bord durable d'un système de mutualisation des livraisons à l'aune des préoccupations du XXIème siècle. In 2ème Conférence en Logistique Urbaine, Nantes, France.
- Moufad, I., Jawab, F., (2016). Analyse causale de l'impact écologique du transport de marchandises en milieu urbain vers la réalisation d'un bilan écologique. 11ème Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique (RIRL). Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne – Suisse

- Moufad, I., Jawab, F., (2016a). Essai de classement des modèles du transport de marchandises en milieu urbain, 11ème Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique (RIRL). Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne – Suisse
- Moufad, I., Jawab, F., (2016b). Les problèmes du transport de marchandises en milieu urbain - Une Identification par l'analyse causale, Colloque International LOGISTIQUA 2016. Ecole Supérieure de Technologie, Berrechid– Maroc.
- Moufad, I., Jawab, F., (2017) Conception and Validation of a Decision Support Model for Urban Freight Transport, IEE International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA), 978-1-5386-0875-3/17/ ©2017 IEEE, pp. 94-99
- Moufad, I., Jawab, F., (2018). Les déterminants de la performance du transport de marchandises en ville - Une analyse empirique. Colloque International LOGISTIQUA 2018. Faculté des Sciences Techniques (FST), Tanger– Maroc.
- Moutaoukil, A., Derrouiche, R., & Neubert, G. (2014). Minimisation des émissions de CO2 dans les circuits de distribution avec flotte hétérogène. In 10ème Conférence Francophone de Modélisation, Optimisation et Simulation (pp. 1–11).
- Merchan, D.E., Blanco, E.E., Bateman, A. H. (2015), "Urban Metrics for Urban Logistics: Building an Atlas for Urban Freight Policy Makers", Proceedings of Computers in Urban Planning and Urban Management CUPUM, Cambridge, MA, 1-15
- Routhier, J.-L. (2007). Modélisation des transports de marchandises en ville FRETURB : une expérience française. Séminaire du GRT, Lyon, France.
- Tamayo, S., Gaudron, A., & Fortelle, A. (2017a). Loading/Unloading spaces location and evaluation : an approach through real data. In 10th International Conference on City Logistics. Phuket, Thailand.

THESES

- Antoniazzi, F. (2011). La rationalisation des flux de marchandises à travers les terminaux intermodaux. Thèse de Doctorat, Sciences économiques et de gestion, Novembre, Université Lyon 2.
- Brunel, J. (2007). Prévoir la demande de transport de marchandises à long terme. Faculté des sciences économiques et de gestion, Université Lumière Lyon 2.
- Chiron-Augereau, V. (2009). Du transport de marchandises en ville à la logistique urbaine, quels rôles pour un opérateur de transports publics urbains ? : l'exemple de la RATP. Ecole Doctorale Ville & Environnement, Université Paris-EST, Septembre.
- Comelli, M. (2008). Modélisation, optimisation et simulation pour la planification tactique des chaînes logistiques. Ecole doctorale des sciences pour l'ingénieur de CLERMONT-FERRAND, Université Blaise Pascal-Clermont II, Juillet.
- Delaître, L. (2008). Méthodologie pour estimer le transport de marchandises en ville . Application aux villes moyennes et dans le cadre de l'agglomération de la Rochelle. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris; ParisTech.
- Dimon, C. (2012). Contributions à la modélisation et la commande des réseaux de trafic routier. Thèse de Doctorat, L'école centrale de Lille et l'Université « politehnica » de Bucarest.
- Ducret, R. (2014). Nouvelles organisations de la distribution urbaine des colis sur le dernier kilomètre : innover par une approche spatiale du transport de marchandises en ville. Thèse de doctorat. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- François, J. (2007). Planification des chaînes logistiques : modélisation du système décisionnel et performance. Sciences de l'ingénieur, Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, Décembre.
- Gianessi, P. (2014). Solving Strategic and Tactical Optimization Problems in City Logistics. Thèse de Doctorat, Informatique, Université Paris 13, Novembre.

- Ibn El Farouk, I., Jawab, F., Talbi, A. (2014). Contribution à la modélisation de la chaîne logistique des médicaments et à la conception d'un tableau de bord : application à l'hôpital Moulay Youssef de Casablanca. Thèse de doctorat, Génie Industriel, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, Maroc
- Kaddoussi, A. (2012). Optimisation des flux logistiques: vers une gestion avancée de la situation de crise. Ecole centrale de Lille, Université Lille, Novembre.
- Lazaar, S. (2016) intégration des supply chains et performance : une approche par la théorie fondée sur les compétences inter organisationnelles. Le cas des entreprises industrielles de la région du Grand Casablanca. Thèse de doctorat en économie et management, Faculté des sciences juridiques économiques et sociales. Université Ibn Tofail, Kénitra-Maroc.
- Lopez, C. (2017). Modélisation dynamique du trafic et transport de marchandises en ville : vers une approche combinée. Thèse de doctorat, Ecole de management durable des territoires Université de Lyon.
- Pan, S. (2010). Contributio a 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. Ecole nationale supérieure des mines de Paris.
- Ramonedu Cuenca, L. (2014). Le problème du dernier kilomètre à Paris intra-muros. Introduction du paramètre environnemental dans la réservation d'aires de livraison. Université Polytechnique de Catalunya (UPC).

RAPPORTS

- Albergel, A., Ségalou, E., Routhier, J.-L., & de Rham, C. (2006). Mise en place d'une méthodologie pour un bilan environnemental physique du transport de marchandises en ville - Consommation - Emissions - Qualité de l'air. pp. 1–88.
- Barette, P., Thoulen, M., & Caelen, E. (2012). Organisation des livraisons en voirie. Les cahiers du moniteur de la mobilité et de la sécurité routière.
- Bouceddour, S., Maurelli, P., Yerpez, J. (2005). Insecurity of road transport and goods deliveries in cities, A look at a "complexity", INREST Report n°260.
- Buisson, C., & Lesort, J.-B. (2010). Comprendre le trafic routier Méthodes et calculs. Rapport CERTU, pp.1–14.
- Crainic, T. G. (2008). City Logistics. CIRRELT, 1–37.
- Crainic, T. G., Ricciardi, N., & Storchi, G. (2009). Models for Evaluating and Planning City Logistics Systems. CIRRELT, 1–35.
- David, B., Patier, D., Deslandres, V., Bossin, P., Hassas, S., Chalon, R., Hassas, S. (2012). Projet ALF : Aires de livraison du futur . Rapport final public du projet. Lyon.
- Debauche, W. (2015). Les aires de livraisons: Pourquoi , combien , où , comment ? Centre de recherche routières (Ed.), INFRA 2015. Québec.
- Gonzalez-Feliu, J. (2013). Modèles et méthodes pour la logistique urbaine: les problèmes de tournées de véhicule a deu échelons. Cahier de Recherche LET.
- Guilbault, M., & Soppé, M. (2009). Enquête «ECHO». Les apports des enquêtes chargeurs pour la connaissance des chaînes de transport de marchandises et de leurs déterminants logistiques. Actes INRETS, n° 120, 225.
- Guyon, O., Absi, N., Feillet, D., & Boudouin, D. (2010). Planification stratégique pour la logistique urbaine verte. Research Report EMSE CMP–SFL, Vol. 6.
- Hamon, G., & Jouhier, G. (2014, January). Logistique urbaine sur l'agglomération rennais. CODESPAR, 1–36.

- Henriot, F., Patier, D., Bossin, Ph., Gérardin, B. (2008), Méthodologie d'évaluation des innovations en matière de logistique urbaine, Rapport PREDIT-DRAST.
- Imbault, V. (2011). Voirie accessible. Fiche CERTUR « Une voirie pour tous », France
- IETA. (2016). COP 22 Summary Report. n/a.
- Laurence, M. (2013). L'aire de livraison Son utilisation, ses usagers, les principes d'aménagement. Rapport Certu, 1–5.
- Olivier, R. (2014), La Simulation Dynamique : Utilisation et pratiques de la simulation dynamique de trafic, Rapport Cerema, pp. 2–38.
- Patier, D., & Toilier, F. (2012). logistique urbaine : Etat de l'art en France & en Europe, Rapport du laboratoire d'économie de transport, France.
- Piarc. (2012). Guide pour mettre en place une gestion du transport routier de marchandises en environnement urbain.
- Piarc. (2016). Evolution du transport de marchandises : plus vert, plus intelligent et plus efficace. Piarc, pp. 2–66.
- Reynaud, J. L. (2015). Conception et exploitation des aires de livraison Conception et exploitation des aires de livraisons.
- Routhier, J.-L. (2002). Du transport de marchandises en ville à la logistique urbaine; Synthèses et Recherches. 2001 Plus - Synthèses et Recherche, 1–67.
- Sétra. (2012) Modèle de trafic routier - Influence des composantes du niveau de service sur le choix d'itinéraire, Rapport d'études, Collection « les rapports », Juin.
- Toilier, F., Serouge, M., Routhier, J., Toilier, F., & Serouge, M. (2014). Enquêtes «Transport de Marchandises en Ville» Contribution du Laboratoire d ' Economie des Transports à un guide méthodologique.
- Toilier Florence, Serouge Marc, Patier Danièle, Routhier Jean-Louis (LAET), Jaillet Gaëlle, Nicoleau Karine (2016a). L'enquête transport de marchandises en ville – Guide méthodologique, CEREMA, Lyon. 76 p

ANNEXES

Annexe 1 : Situation réelle de la rue de Cunny-Fès

Annexe 2 : Formulaire «Enquête Comptage »

Annexe 3 : Formulaire « Enquête Etablissement»

Annexe 4 : Planning de l'enquête de la rue de Cunny

Annexe 5 : Questionnaire de l'enquête confirmatoire

Annexe 6 : Moyenne des mouvements générés au cours des sept semaines de l'enquête

Annexe 7 : Résultat des durées par type de mouvements et par type de véhicules (moyenne des semaines)

Annexe 8 : Tableau type de mouvements/type de véhicule (moyenne des semaines)

Annexe 9 : Tableau Type d'activité/ type de véhicule (moyenne des semaines)

Annexe 10 : Taux d'utilisation des outils de manutention par activité (moyenne des semaines)

Annexe 11 : Taux d'utilisation des outils de manutention par type de véhicule (moyenne des semaines)

Annexe 12 : Les mouvements générés en fonction de la distance, du mode de stationnement, du type d'activité et du type de mouvement (moyenne des semaines)

Annexe 13: Configuration des composantes du modèle de simulation

Annexe 14: Configuration des composantes du modèle de simulation (suite)

Annexe 15 : Contrat de licence du simulateur Dynasim

Annexe 1 : Situation réelle de la rue de Cunny-Fès



(1) Stationnement illicite



(2) Occupation de l'espace public par Déposition des marchandises sur les trottoirs



(3) Blocage de la voirie

Annexe 2 : Formulaire «Enquête Comptage »



Université Sidi Mohammed Ben Abdallah

Ecole Supérieure de Technologie EST- Fès

Laboratoire de recherche LPE2D

Relevé du comptage du trafic au niveau du tronçon d'étude par classe de véhicule

Date :

R1	R2	VP	VUL1		R3	VUL2	VUL3
							
VUL4	VUL5	PL1	PL2		PL3		
							

Zone d'étude : Rue Cuny
Nom & prenom Observateur :
Zone N° :
H début :
H Fin :

[illegible]

Annexe 3 : Formulaire « Enquête Etablissement »



Université Sidi Mohammed Ben Abdallah

Ecole Supérieure de Technologie EST- Fès

Laboratoire de recherche LPE2D

Relevé de la typologie commerciale du tronçon d'étude en fonction des mouvements de véhicule

Date :

Type de véhicule						
R2	R3	VP	VUL1	VUL2	R1	VUL3
VUL4	VUL5	PL1		PL2	PLL	

Outil de manutention					
M	D	Ch	Tr	Br	Autre
A la main	Diabie	Chariot	Transpalette	Brouette	

Zone d'étude : Rue Cuny	
Nom & prénom Observateur :	
Poste N°:	Rotation:
H début :	
H Fin :	

	Type de véhicule	Heure d'arrivée	Distance entre le point d'arrêt & le point de service		Stationnement			Activité													Type de mouvement			Outil de manutention	Heure de départ
			0 - 30 m	> 30 m	Autorisé	Non autorisé		Services (Banque, Bureaux & Cabines, salon de coiffure)	Drogues générale	Entrepôt	Équipement (industriel, Agricoles & hydro électrique)	Matériaux de construction (bois, ciment etc)	Céramique, Marbre & Granite	Alimentation générale	Pièces détachées auto	Sanitaire	Outils électriques	Équipement électronique informatique & informatique	Enlèvement	Livraison	Autre				
						2ème position	Autre																		
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									

Annexe 4 : Planning de l'enquête de la rue de Cunny

			Rotation 1 (8h à 12h30)							Rotation 2 (12h30 à 14h30)							Rotation 3 (14h30 à 18h00)						
			Poste 1	Poste 2	Poste 3	Poste 4	Poste 5	Poste 6	Poste 7	Poste 1	Poste 2	Poste 3	Poste 4	Poste 5	Poste 6	Poste 7	Poste 1	Poste 2	Poste 3	Poste 4	Poste 5	Poste 6	Poste 7
Mars	Février	Semaine 1 (26/02 au 03/03/2018)	Lundi																				
			Mardi			*	*																
			Mercredi														*	*					
			Jeudi											*	*								
			Vendredi												*	*						*	*
			Samedi				*	*			*	*											
	Semaine 2 (05/03 au 10/03/2018)		Lundi		*	*																	
			Mardi									*	*										
			Mercredi																		*	*	
			Jeudi	*	*																		
			Vendredi												*	*							
			Samedi																	*	*		
	Semaine 3 (12/03 au 17/03/2018)		Lundi							*	*												
			Mardi																*	*			
			Mercredi					*	*														
			Jeudi												*	*							
			Vendredi						*	*													
			Samedi															*	*				
	Semaine 4 (17/03 au 24/03/2018)		Lundi																	*	*		
			Mardi					*	*														
			Mercredi								*	*							*	*			
			Jeudi															*	*				
			Vendredi	*	*																		
			Samedi						*	*													
	Semaine 5 (26/03 au 31/03/2018)		Lundi					*	*														
			Mardi							*	*								*	*			
			Mercredi								*	*											
			Jeudi						*	*								*	*				
			Vendredi															*	*				
			Samedi				*	*															
Avril	Semaine 6 (2/04 au 7/04/2018)		Lundi									*	*										
			Mardi																		*	*	
			Mercredi	*	*																		
			Jeudi							*	*												
			Vendredi																*	*			
			Samedi						*	*													
	Semaine 6 (7/04 au 14/04/2018)		Lundi														*	*					
			Mardi		*	*																	
			Mercredi								*	*											
			Jeudi																*	*			
			Vendredi					*	*														
			Samedi						*	*													

Enquête de Transport de Marchandises en Ville

Questionnaire sur la performance du Transport de Marchandises dans la ville de Fès.

Ce questionnaire anonyme entre dans le cadre d'une recherche universitaire menée par le Laboratoire de recherche Productique, Energie et Développement Durable (LPE2D) de l'Ecole Supérieure de Technologie, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès-Maroc.

Nous aimerions avoir votre opinion sur la situation du transport de marchandises dans la ville de Fès et sur les facteurs qui influencent sa performance.

Bien entendu une totale conformité des informations est garantie à l'ensemble des participants puisque seule une analyse globale des réponses sera effectuée.

Nous comptons sur votre participation et nous vous remercions de bien vouloir consacrer quelques minutes à ce questionnaire qui permettra d'enrichir la réflexion sur l'amélioration du transport de marchandises de la ville de Fès.

Durée estimée du questionnaire : 15 minutes.

Veuillez remplir les cases des tableaux suivants selon votre degré d'accord ou de désaccord concernant chaque ligne.

NB : 1= Pas du tout d'accord ; 2= Plutôt pas d'accord ; 3= Ni d'accord ni pas d'accord ; 4= Plutôt d'accord ; 5= Tout à fait d'accord.

***Obligatoire**

1. La politique d'aménagement de la ville *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
La disponibilité des espaces de livraisons améliore l'accessibilité des véhicules de livraisons	☐	☐	☐	☐	☐
La signalisation des voiries améliore l'accessibilité des véhicules de livraisons	☐	☐	☐	☐	☐
L'éclairage public contribue à la lisibilité des voiries	☐	☐	☐	☐	☐

2. La réglementation de l'espace public et des zones d'accès *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
La gestion des zones d'accès (entrées/sorties) des voiries influence la circulation des véhicules	☐	☐	☐	☐	☐
La mise en place des règles de réalisation des voiries accessible	☐	☐	☐	☐	☐

3. L'utilisation des systèmes d'informations et de planification *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
L'aménagement des infrastructures logistiques par des systèmes d'informations et de planification influence la gestion des flux	☐	☐	☐	☐	☐
L'utilisation des systèmes d'information permet le pilotage informationnel des marchandises	☐	☐	☐	☐	☐

4. Aménagement des infrastructures logistiques *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
Pour développer les infrastructures logistiques, il faut les aménager.	☐	☐	☐	☐	☐
L'aménagement des infrastructures logistiques facilite l'accessibilité des véhicules de livraison	☐	☐	☐	☐	☐

5. Réseaux de distribution *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
Le développement des infrastructures logistiques influence les tournées de distribution	☐	☐	☐	☐	☐
L'organisation des flux est adaptée en fonction des propriétés du réseau de distribution	☐	☐	☐	☐	☐

6. La maîtrise des flux *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
La planification des plages horaires de livraison influence les mouvements des véhicules de livraison	☐	☐	☐	☐	☐
L'accroissement des fréquences de livraison provoque l'encombrement des voiries	☐	☐	☐	☐	☐
La création des espaces de livraison influence les mouvements des véhicules de livraison	☐	☐	☐	☐	☐

7. Cohérence dans l'implantation des activités industrielles et commerciales *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
La cohérence dans l'implantation des activités industrielles et commerciales dans une zone influence la densité des livraisons dans cette zone	☐	☐	☐	☐	☐
La délocalisation des activités industrielles contribue à l'encombrement du réseau urbain	☐	☐	☐	☐	☐

8. La politique acteur/partage de la voirie *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
Les livraisons à domicile et l'approvisionnement des ménages effectué par leurs propres moyens contribuent à l'encombrement des voiries	☐	☐	☐	☐	☐
Définir une politique de partage de la voirie permet de réduire la congestion	☐	☐	☐	☐	☐

9. L'équilibre entre l'offre et la demande *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
L'implantation des espaces de livraison permet une harmonisation de l'offre et la demande	☐	☐	☐	☐	☐
Garantir un équilibre entre les zones de livraison et la quantité de marchandises permet de maîtriser les flux	☐	☐	☐	☐	☐

10. Mesure du trafic *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
La mesure du trafic est en fonction du nombre des véhicules de marchandises dans l'aire urbaine	☐	☐	☐	☐	☐

11. L'intégration dans des accords internationaux *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
L'intégration dans des accords internationaux influence le choix de la stratégie de développement durable.	☐	☐	☐	☐	☐

12. Le choix de la politique environnementale *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
Le choix de la politique environnementale influence le choix du mode de transport	☐	☐	☐	☐	☐
Le choix de la politique environnementale influence le choix de la typologie des véhicules de TMV	☐	☐	☐	☐	☐

13. L'élaboration d'un plan d'urgence pollution *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
L'élaboration d'un plan d'urgence pollution permet la réduction des émissions des GES	☐	☐	☐	☐	☐
L'élaboration d'un plan d'urgence pollution permet l'optimisation de la consommation énergétique	☐	☐	☐	☐	☐

14. Les mesures écologiques *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
La mutualisation des livraisons permet de réduire des émissions des GES des véhicules du TMV	☐	☐	☐	☐	☐
La mutualisation des livraisons permet de réduire la consommation énergétique des véhicules du TMV	☐	☐	☐	☐	☐

15. Le niveau des émissions de gaz à effet de serre (CO2) *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
Le niveau de performance écologique du TMV est lié à un niveau faible des émissions de gaz à effet de serre (CO2)	☐	☐	☐	☐	☐

16. Le positionnement par rapport à des normes internationales *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
L'intégration du pays dans les normes internationales influence le choix de la stratégie de sécurité routière	☐	☐	☐	☐	☐

17. L'élaboration d'une stratégie de sécurité routière *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
Les conditions de circulation influence la sécurité des véhicules du TMV	☐	☐	☐	☐	☐
La répartition des zones de stationnement influence la sécurité des véhicules du TMV	☐	☐	☐	☐	☐
La situation des voiries doit être prise en compte dans l'élaboration de la stratégie de sécurité routière	☐	☐	☐	☐	☐
L'état mécanique des véhicules doit être pris en compte dans l'élaboration de la stratégie de sécurité routière	☐	☐	☐	☐	☐

18. Les règles de la politique de sécurité routière *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
La politique de sécurité routière influence la réglementation des horaires de livraisons.	☐	☐	☐	☐	☐
La politique de sécurité routière influence la réglementation des espaces de livraison	☐	☐	☐	☐	☐

19. Le renforcement de l'arsenal du contrôle routier *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
Le renforcement de l'arsenal du contrôle routier diminue le nombre des accidents de véhicules de marchandises sur voirie urbaine	☐	☐	☐	☐	☐
Le renforcement de l'arsenal du contrôle routier diminue le nombre des infractions	☐	☐	☐	☐	☐
Les points de contrôle de vitesse améliorent la sécurité	☐	☐	☐	☐	☐

20. Les actions de sensibilisation et de communication *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
Les actions de sensibilisation, de communication influence positivement la prise de conscience de sécurité routière	☐	☐	☐	☐	☐

21. Accessibilité *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
Le lieu d'implantation de la plateforme livrant les produits influence le coût de transport & le respect des délais de livraison	☐	☐	☐	☐	☐
La capacité de la plateforme à traiter ces demandes influence l'organisation des flux de marchandises	☐	☐	☐	☐	☐
La capacité des voiries influence la circulation des véhicules	☐	☐	☐	☐	☐
La réglementation des entrées et sorties de voirie dans une zone commerciale influence la circulation des véhicules	☐	☐	☐	☐	☐

22. Congestion *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
Densité de livraisons / enlèvements dans une zone reflète l'importance des flux de véhicules de marchandises dans cette zone	☐	☐	☐	☐	☐
La réglementation des plages horaires de livraison influence la fréquence de livraison	☐	☐	☐	☐	☐
La congestion de la voirie est provoquée par le stationnement sur en double file par zone.	☐	☐	☐	☐	☐
La disponibilité des espaces de livraison influence le temps d'arrêt des véhicules de livraison dans une zone commerciale	☐	☐	☐	☐	☐
Le retard des véhicules de livraisons est dû au temps de parcours additionnel créé par la congestion	☐	☐	☐	☐	☐

23. Impact écologique *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
La politique environnementale du pays influence la performance écologique du transport de marchandises en ville	☐	☐	☐	☐	☐
L'état mécanique des véhicules influence la consommation d'énergie et les émissions des gaz à effets de serre.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Les émissions des gaz à effet de serre sont en fonction des livraisons par km	☐	☐	☐	☐	☐

24. Sécurité *

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
Le nombre des accidents de véhicules de marchandises sur la voirie urbaine impacts les mouvements de marchandises	☐	☐	☐	☐	☐
Le renforcement des points contrôles de vitesses et de comportement routier en milieu urbain	☐	☐	☐	☐	☐
L'état mécanique des véhicules de marchandises impact la sécurité routière en milieu urbain	☐	☐	☐	☐	☐
Le nombre d'infractions reflète la non responsabilité des chauffeurs	☐	☐	☐	☐	☐

25. L'amélioration des conditions du transport de marchandises en ville nous permet l'atteinte de la performance dans ces domaines:

Une seule réponse possible par ligne.

	1	2	3	4	5
Coût du transport	☐	☐	☐	☐	☐
Qualité des produits et services	☐	☐	☐	☐	☐
Les niveaux de stocks	☐	☐	☐	☐	☐
Respect des délais	☐	☐	☐	☐	☐
Réduction des émissions des gaz à effet de serre	☐	☐	☐	☐	☐
Minimisation de la consommation énergétique	☐	☐	☐	☐	☐
L'amélioration de la sécurité	☐	☐	☐	☐	☐

Fourni par



Annexe 6 : Moyenne des mouvements générés au cours des sept semaines de l'enquête

		Typologie de véhicules										Outils de manutention						
		R2	R3	VP	VUL1	VUL2	VUL3	VUL4	VUL5	PL1	PL2	PLL	Main	Diable	Chariot	Transpalette	Brouette	
Moyenne des semaines	Lundi	20	98	324	40	98	43	21	15	8	9	1	249	71	13	7	13	1
	Mardi	15	74	244	31	72	33	15	11	6	7	1	184	52	10	5	10	0
	Mercredi	10	50	168	22	50	23	11	8	4	4	0	129	37	6	4	6	1
	Jeudi	14	74	233	30	66	31	15	11	6	6	0	174	48	9	5	10	1
	Vendredi	9	41	153	19	41	18	9	6	3	4	0	115	31	7	3	5	0
	Samedi	22	96	324	41	102	42	22	14	7	9	1	257	70	12	8	14	1
	Moyenne	15	72	241	30	71	31	15	11	6	6	0	185	51	10	5	10	1
	Max	22	98	324	41	102	43	22	15	8	9	1	257	71	13	8	14	1

Annexe 7 : Résultat des durées par type de mouvements et par type de véhicules (moyenne des semaines)

Durée en fonction des mouvements					Durée en fonction des types de véhicules								
					Véhicules particuliers		Véhicules professionnels			TOTAL			
					2 Roues	VP	Triporteur	VUL	PL				
MOYENNE DES SEMAINES	Lundi	< 15 min	136	11	121	Lundi	< 15 min	65	115	10	83	0	273
		15 à 30 min	110	30	95		15 à 30 min	33	152	8	89	4	286
		30 à 60 min	54	16	30		30 à 60 min	2	53	2	30	10	97
		> 60 min	28	4	6		> 60 min	0	0	0	15	5	20
	Mardi	< 15 min	114	8	94	Mardi	< 15 min	49	95	8	60	0	212
		15 à 30 min	81	25	75		15 à 30 min	24	114	6	69	3	216
		30 à 60 min	37	13	21		30 à 60 min	1	35	1	22	7	66
		> 60 min	18	3	4		> 60 min	0	0	0	10	4	14
	Mercredi	< 15 min	66	4	52	Mercredi	< 15 min	32	65	5	43	0	145
		15 à 30 min	41	9	41		15 à 30 min	17	76	4	48	1	146
		30 à 60 min	23	3	15		30 à 60 min	1	27	1	15	5	49
		> 60 min	10	0	2		> 60 min	0	0	0	8	2	10
	Jeudi	< 15 min	116	9	97	Jeudi	< 15 min	51	97	7	56	0	211
		15 à 30 min	78	26	71		15 à 30 min	22	102	5	65	2	196
		30 à 60 min	35	11	19		30 à 60 min	1	34	2	21	7	65
		> 60 min	17	3	3		> 60 min	0	0	0	10	3	13
	Vendredi	< 15 min	75	5	59	Vendredi	< 15 min	27	58	3	37	0	125
		15 à 30 min	48	12	43		15 à 30 min	13	72	5	40	1	131
		30 à 60 min	25	4	17		30 à 60 min	1	23	1	11	4	40
		> 60 min	15	0	2		> 60 min	0	0	0	5	2	7
	Samedi	< 15 min	152	10	98	Samedi	< 15 min	63	117	11	82	0	273
		15 à 30 min	121	28	72		15 à 30 min	31	153	9	93	3	289
		30 à 60 min	60	20	19		30 à 60 min	2	54	2	28	9	95
		> 60 min	32	4	2		> 60 min	0	0	0	17	5	22

Annexe 8 : Tableau type de mouvements/type de véhicule (moyenne des semaines)

		Véhicules particuliers		Véhicules professionnels								
		2 Roues	Voiture	Triporteur	Véhicule Utilitaires légers					Poids lourds		
		R3	VP	R2	VUL1	VUL2	VUL3	VUL4	VUL5	PL1	PL2	PLL
MOYENNE DES SEMAINES	Lundi	Enlèvement	58	177	12	14	46	21	6	1	1	0
		Livraison	0	0	1	5	21	4	6	12	5	1
		Autre	35	143	4	12	29	14	7	2	1	0
	Mardi	Enlèvement	42	136	11	10	39	18	4	0	1	0
		Livraison	0	0	1	3	17	2	5	9	4	1
		Autre	31	110	3	9	21	10	5	2	2	0
	Mercredi	Enlèvement	21	79	5	6	24	10	2	0	1	0
		Livraison	0	0	0	0	11	1	3	5	0	0
		Autre	10	67	1	5	9	5	0	1	1	0
	Jeudi	Enlèvement	43	135	12	11	38	17	4	0	1	3
		Livraison	0	0	1	2	15	2	5	9	3	5
		Autre	29	112	4	8	20	11	4	1	1	0
	Vendredi	Enlèvement	27	87	6	7	23	11	2	0	1	0
		Livraison	0	0	0	1	10	2	3	6	1	3
		Autre	14	71	2	6	13	8	1	1	0	1
	Samedi	Enlèvement	55	174	11	13	48	20	6	1	1	3
		Livraison	0	0	1	4	22	4	7	12	5	7
		Autre	33	142	4	11	26	14	5	1	0	0

Annexe 9 : Tableau Type d'activité/ type de véhicule (moyenne des semaines)

	Véhicules particuliers		Véhicules professionnels								
	2 Roues	Voiture	Triporteur	Véhicule Utilitaires légers					Poids lourds		
	R3	VP	R2	VUL1	VUL2	VUL3	VUL4	VUL5	PL1	PL2	PLL
Services (Banque, Bureaux & Cabinets,	3	94	7		34	8	2	2			
Droguerie générale	28	80	7	13	18	4	3	3	1		
Entrepôt	6	28	2	1	7	4					
Equipement (industriels, Agricoles &	5	16	2	4	8	9	5	3	1	2	1
Matériaux de construction (Bois,			3		2	5			1	3	0
Céramique, Marbre & Granite	5	14	1	8	3	2	1	1		1	
Alimentation générale	7	5			4			1			
Pièce détachées auto		10			5	1	2				
Sanitaire	2	16	3	1	6	3	1	1			2
Outils Électrique	20	36	13	6	21	1	1	3	1	1	
Matériaux ferreux		10		1	2	2			1		
Equipement Electronique automatique	1	5			4						

Annexe 10 : Taux d'utilisation des outils de manutention par activité (moyenne des semaines)

	Outils de manutention en %					
	Main	Diabie	Chariot	Transpalette	Brouette	Autre
						
Services (Banque, Bureaux & Cabinets,	90	5	5	0	0	0
Droguerie générale	50	35	10	10	0	0
Entrepôt	5	40	20	30	5	0
Equipement (industriels, Agricoles &	30	25	30	10	5	0
Matériaux de construction (Bois,	0	10	20	30	40	0
Céramique, Marbre & Granite	20	5	30	40	5	0
Alimentation générale	80	20	0	0	0	0
Pièce détachées auto	5	60	30	5	0	0
Sanitaire	10	10	20	60	0	0
Outils Électrique	40	30	20	10	0	0
Matériaux ferreux	30	10	55	0	0	5
Equipement Electronique automatique	50	40	10	0	0	0

Annexe 11 : Taux d'utilisation des outils de manutention par type de véhicule (moyenne des semaines)

Type de véhicule		Outils de manutention en %					
		Main	Diabie	Chariot	Transpalette	Brouette	Autre
							
Moto	R3	100	0	0	0	0	0
Voiture	VP	80	15	5	0	0	0
Triporteur	R2	60	25	0	0	13	2
VUL	VUL1	50	30	20	0	0	0
	VUL2	65	30	5	0	0	0
	VUL3	20	45	0	5	30	0
	VUL4	40	35	25	0	0	0
	VUL5	30	45	20	5	0	0
PL	PL1	40	27	22	11	0	0
	PL2	15	20	30	10	25	0
	PLL	10	25	20	40	5	0

Annexe 12 : Les mouvements générés en fonction de la distance, du mode de stationnement, du type d'activité et du type de mouvement

		Distance entre le point d'arrêt & le point de service		Stationnement			Activité												Type de mouvement		
		0 - 30 m	> 30 m	Autorisé	Non autorisé		Services (Banque, Bureaux & Cabinets, salon de coiffure, Station gasoil)	Droguerie générale	Entrepôt	Equipement (industriels, Agricoles & hydro électrique)	Matériaux de construction (Bois cimenterie)	Céramique, Marbre & Granite	Alimentation générale	Pièce détachées auto	Sanitaire	Outillage Electrique	Matériaux ferreux	Equipement Electronique automatique & Informatique	Enlèvement	Livraison	Autre
			2ème position	Autre																	
Moyenne des semaines	Lundi	408	238	383	147	115	88	204	31	58	21	39	27	17	21	123	10	8	328	61	252
	Mardi	308	194	301	107	94	70	162	22	48	16	31	21	12	15	92	8	6	250	49	194
	Mercredi	183	85	179	43	46	45	73	10	31	7	19	11	7	9	48	5	5	140	16	110
	Jeudi	306	188	290	111	93	61	159	20	52	17	32	21	13	16	89	8	6	246	49	190
	Vendredi	202	106	198	56	53	47	79	13	38	11	21	12	8	12	57	6	5	163	21	121
	Samedi	400	227	368	150	110	39	206	30	69	25	44	28	19	23	125	14	7	365	62	191
	Moyenne	301	173	286	102	85	58	147	21	49	16	31	20	13	16	89	9	6	249	43	176
Max	408	238	383	150	115	88	206	31	69	25	44	28	19	23	125	14	8	365	62	252	
Somme							349	882	126	295	96	185	119	76	96	533	52	37	1493	257	1057

Annexe 13: Configuration des composantes du modèle de simulation

Licence Ed...

Classe

Zone Poche

Nom

ZONE1

Calque

DISTRI

Génération

☒

☒

☐

Largeur

0,50 m

Couleur

OK

Annuler

Définition d'une zone poche

Licence Education: ...

Classe

Générateur

Nom

GE1

% de la vitesse de génération

0,50 [0;1]

Qualité de voie

voie lente

OK

Annuler

Définition d'un générateur

Licence Education: ...

Classe

Sortie

Nom

S1

OK

Annuler

Définition d'une sortie

Licence Education: LPE...

Classe

Support Liaison

Nom

Entrée1

Calque

NET

Largeur

0,50 m

% de la vitesse file

0,50 [0;1]

Largeur simulée

4,0 m

Liens

☒ Oui ☐ Non

Nombre de files

1

Ecartement

3,00 m

Couleur

OK

Annuler

Définition d'un lien

Annexe 14: Configuration des composantes du modèle de simulation (suite)

Licence Education: LPE...

Classe: AttracteurParking
 Attracteur: Attract1
 Poids: 100,0
 Nbre moyen généré: 20
 EC nbre généré: 5
 Calque: DISTRI

OK Annuler

Définition d'un Attracteur

Licence Education: LPED2 Sais...

Classe: Parking Créneaux
 Nom: Park1
 Calque: DISTRI
 Circulation Exclusive: ☐ oui ☒ non
 % de la vitesse file: 0,50]0;1]
 Distance acceptable pour 2 places contigues: 20 m
 Attracteur Reaf: Attract1
 Décalage départ: 3,00 m
 Décalage départ 2: 3,00 m
 Ecartement Places: 15,00 m
 Deux Cotés: ☒ oui ☐ non

OK Annuler

Définition d'un parking de type Créneaux

Licence Education: LPED2 Sais...

Zones: ☒ ZONE1 ☒ ZONE2
 Destinations: ☒ S1 ☒ S2
 Catégories: ☒ Catégorie1 ☐ PL ☐ TRAM
☒ Catégorie2 ☐ PLL ☐ TRAMTR
☒ Catégorie3 ☐ TC_ART ☐ VELO

OK Annuler

Définition d'un Affect Poche Entrée

Licence Education: LPED2 Saisie

Classe: Affecte Poche Entrée
 Nom: AffectEntree_1
 Calque: DISTRI
 Condition:
 Distribution:
 Largeur: 0,50 m
 Couleur: ■

OK Annuler

Licence Education: LPED2 Distribution Parking

calc	Tps Inter Sortants	Tps Min moy	Tps Max moy	Tps présents moy	Tps présents moy
NET	14	1500	7200	180	7200

Calque: NET

Tps Inter Sortant: 14,0000 sec

	Min	Moyenne	Max	ec
Tps Min (s)	1200	1500	2000	100
Tps Max (s)	3600	7200	10000	2000
Tps Présent Min (s)	120	180	240	60
Tps Présent Max (s)	3600	7200	10000	2000

Ajouter Appliquer Supprimer Quitter

Définition d'une Distribution Parking



INSTRUCTIONAL USE LIMITED LICENSE AGREEMENT

READ THE TERMS AND CONDITIONS OF THIS LICENSE AGREEMENT CAREFULLY BEFORE ACCEPTING THE AGREEMENT.

This Instructional Use Limited License Agreement is a legal agreement between you (either an individual person or a single legal entity, who will be referred to in this Agreement as "you") and DYNASIM S.A.S. a french company located 17 allée Georges Brassens, 92290 Châtenay-Malabry, France.

DYNASIM S.A.S provides Products for instructional use under the terms and conditions of this agreement. The software you have received contains the executable code for Dynasim (based on version 6 Pro+parking, undongled, 6 month renewable license code, licensee name will appear in all Dynasim windows and animations, created projects will not be editable if using a different license). By installing, copying, downloading, accessing or otherwise using the Products, or by accepting this agreement you agree to the terms of this License Agreement. If you are not willing to be bound by terms of this License Agreement, you should promptly return the software.

This License Agreement represents the entire agreement concerning the Products between you and the Licensor ; it supersedes any prior proposal, representation, or understanding between you and the Licensor.

License Grant.

Licensor hereby grants to you, and you accept, a nonexclusive license to use the Products for instructional purposes only as authorized in this License Agreement.

Licensor hereby grants to you the right to install the Products under this License Agreement on any number of computers necessary to meet your instructional needs.

You agree to install the Products either on computers physically located at and owned and/or leased by the college/university indicated below, or on machines owned by qualified students. Qualified students are either participants in classes that use the software for instruction or registered graduate students using the software for research purposes required for their degree. When installing the Products on student-owned machines, you agree to provide the students a signed copy of this License Agreement. Students are bound by the usage terms of this License Agreement.

You agree that you will not assign, sublicense, transfer, pledge, lease, rent, or share your rights under this License Agreement. You agree that you may not reverse assemble, reverse compile, or otherwise translate the Product software code.

This license is granted for INSTRUCTIONAL USE ONLY at the college/university indicated below. You agree that the Products will only be used for instructional use in a classroom/laboratory teaching environment and/or in the preparation for such use. Instructional use includes unfunded research activities of candidates for Masters or Ph. D. degrees when using the research to fulfill requirements for their advancement to candidacy for the degree. You agree that the Products will not be used for any commercial purpose whether revenue generating or not. You agree that the Products will not be used for any funded or unfunded research purpose except where the unfunded research is part of a student's degree requirement as described above.

Dynasim - 17, allée Georges Brassens - 92290 Châtenay-Malabry
tél.: +33 6 12 57 53 16 - accounts@dynasim.fr - www.dynasim.fr

S.A.S. au capital de 1 000€ - R.C.S. Nanterre 809 678 162 - NAF 5829C - TVA FR74809678162

Licensor's Rights.

You acknowledge and agree that all rights, title, and interest in and to the Products, including associated intellectual property rights are, and shall remain, with Licensor. This License Agreement does not convey to you any interest in the Products but only a limited right of use which is revocable in accordance with the terms of this License Agreement.

Term.

Your license to use the Products shall be effective the date on which you first received the Products and shall continue for a fixed term determined by Licensor unless terminated by Licensor due to your breach of any term of this License Agreement. Upon such termination by Licensor, you agree to return all copies of the Products to Licensor. The license term will be provided on an electronically transmitted self extracting file. The license and privileges granted to you, the Licensee, under this license will expire at the end of the license term. At the end of the license term you may request a new license be issued under the same terms and conditions of this original agreement. Extension of the license term is at the sole discretion of the Licensor. You agree to be bound by the terms of this original license agreement for any subsequent license terms extended to you by Licensor.

Warranty.

THE PRODUCTS ARE LICENSED AS IS, AND LICENSOR DISCLAIMS ANY AND ALL OTHER WARRANTIES, WHETHER EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE

Limitation of Liability.

As permitted by law, in no event shall Licensor be liable for any indirect, incidental, consequential, special, or exemplary damages or lost profits, even if Licensor has been advised of the possibility of such damages.

Trademark.

The Products are trademarks of Licensor. No right, license, or interest to such trademark is granted hereunder, and you agree that no such right, license, or interest shall be asserted by you with respect to such trademark.

Governing Law.

This License Agreement shall be construed and governed in accordance with the laws of the country in which you maintain your primary place of business.

Severability.

Should any terms of this License Agreement be declared void or unenforceable by any court of competent jurisdiction, such declaration shall have no effect on the remaining terms hereof.

No Waiver.

The failure of either party to enforce any rights granted hereunder or to take action against the other party in the event of any breach hereunder shall not be deemed a waiver by that party as to subsequent enforcement of rights or subsequent actions in the event of future breaches.

*Dyna - 17, allée Georges Brassens - 92290 Châtenay-Malabry
tél.: +33 6 12 57 53 16 - accounts@dynasim.fr - www.dynasim.fr*

S.A.S. au capital de 1 000€- R.C.S. Nanterre 809 678 162 - NAF 5829C - TVA FR74809678162

Please type or print clearly :

I, Fouad JAWAB, hereby agree to the terms and conditions set forth in this agreement and acknowledge that I have the legal authority to enter into such an agreement on behalf of the institution named below.

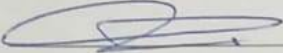
Institution (college/university) : Higher School of Technology, Sidi Mohamed Ben Abdellah University- Fez

Department : Laboratory of Energy & Sustainable Development (LPE2D)

Address : Route d'Imouzzar - BP: 2427 - Fez, Morocco

Job Title : Thesis Director Email : fouad.jawab@usmba.ac.ma

Telephone : +212 660159850 Fax : _____

Signature :  Date : 30/10/2017

Description of course to be taught using the Products (please include course number if available) :

This software allows us to perform modeling and simulation of road traffic and parking management for the case of freight transport in the city

Dyna - 17, allée Georges Brassens - 92290 Châtenay-Malabry
tél.: +33 6 12 57 53 16 - accounts@dynasim.fr - www.dynasim.fr

S.A.S. au capital de 1 000€ - R.C.S. Nanterre 809 678 162 - NAF 5829C - TVA FR74809678162

RESUME :

Le développement du secteur de la logistique est un maillon indispensable pour le renforcement de la compétitivité de l'économie marocaine et la fluidité de ses échanges. En effet, un ensemble de stratégies sectorielles ont été définies par le Maroc notamment dans les domaines agricole, énergétique et industriel. Pour maximiser les chances de réussite de ces stratégies, il est essentiel de les accompagner par un secteur logistique performant. C'est la raison pour laquelle ce secteur figure parmi les principales priorités du pays concrétisées dans la stratégie nationale de développement de la compétitivité logistique qui ambitionne de réduire ce coût à 15% pour un déploiement complet des différentes mesures et actions relatives à cette stratégie à l'horizon 2030. Parmi les chantiers de cette stratégie, l'optimisation de la logistique urbaine recouvre une importance vitale dont le transport de marchandises en ville constitue un maillon prépondérant. Pourtant, il est confronté à plusieurs problèmes qui contraignent sa performance et entravent son développement. Cette performance constitue un sujet complexe sur lequel de nombreux travaux de recherche ont vu le jour dans la dernière décennie. De ce fait, une organisation efficace s'avère essentielle pour permettre son développement.

A la lumière de ce contexte, notre premier axe directeur concerne le développement d'un modèle d'évaluation de la performance du transport de marchandises en ville qui explicite les facteurs déterminant la performance du TMV et mesure le degré d'impact de chaque facteur. Ce modèle fournit un cadre décisionnel au profit des responsables via un ensemble de principes d'action les aidant à générer des scénarios d'amélioration du transport de marchandises en ville et à prendre des décisions. Afin d'accompagner les ambitions nationales en matière de structuration de la logistique urbaine, nous sommes invités à développer des solutions logistiques adaptées aux besoins des villes et répondant aux multiples enjeux. Parmi les mesures opérationnelles permettant l'amélioration de la performance du TMV, les aires de livraison représentent une opportunité pour l'organisation des livraisons en ville et l'amélioration de la fluidité du trafic routier. Pour répondre à notre problématique, la thèse est structurée suivant quatre chapitres principaux accompagnés d'une introduction générale décrivant le contexte de la recherche, la problématique et les objectifs attendus et d'une conclusion générale récapitulant les importants accomplissements, les principales limites et les perspectives d'amélioration.

Le premier chapitre constitue une approche conceptuelle du transport de marchandises en ville. L'intérêt est de poser les concepts théoriques qui seront employés le long du rapport de thèse, d'éclaircir la problématique du TMV, de la situer dans son contexte et de dresser un état de l'art de la modélisation du transport de marchandises en milieu urbain en synthétisant l'ensemble des recherches effectuées dans ce domaine.

Le deuxième propose un modèle qui explicite les facteurs déterminants la performance du TMV et mesure le degré d'impact de chaque facteur. Ce dernier est organisé en deux parties. La première partie dresse les étapes d'élaboration du modèle en mobilisant la grille GRAI et de formulation des hypothèses. La deuxième partie de ce chapitre comprend l'étude empirique permettant de tester et de valider le modèle sur le terrain.

Arrivé à ce stade de l'analyse et pour répondre aux objectifs de la logistique urbaine dans le cadre de la stratégie nationale du développement de la logistique, nous proposons dans le troisième chapitre, une méthodologie l'implantation des aires de livraisons qui constitue l'une des mesures opérationnelles pour l'amélioration de la performance du transport de marchandises en ville. Pour ce faire, nous avons organisé ce chapitre en deux parties. La première partie, nous mettons en lumière les différentes étapes de notre méthodologie de préparation à l'implantation des aires de livraison dans une zone donnée. La deuxième partie retrace les étapes de l'enquête que nous avons menée dans la rue de Cunny pour entreprendre une telle démarche et expose les résultats obtenus dans ce sens.

Dans le quatrième chapitre, nous proposons l'approche de Simulation DASSIA (Delivery Areas Scenarios Simulation Approach) issue de l'utilisation de la simulation dynamique pour évaluer l'impact de l'implantation des aires de livraison sur l'écoulement du trafic. Cette approche s'articule autour de trois étapes principales. Une étape de pré simulation qui consiste à réaliser un diagnostic et collecter les données pour la préparation à la réalisation du modèle de simulation. Une étape de simulation permettant la réalisation du modèle et ses différents scénarios. Suivie par la dernière étape de post simulation qui consiste à visualiser et à analyser les résultats de simulation.

