



N° d'ordre 11/2015

THESE

En vue de l'obtention du grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH

Discipline : **Mathématiques / Informatique**

Spécialité : **Recherche Opérationnelle et Informatique**

Centre d'études doctorales: Sciences et Techniques de l'Ingénieur

Préparée au sein du laboratoire : Modélisation et Calcul Scientifique

Par: **M^{me} EL BOUZEKRI EL IDRISSE ADIBA**

**Contribution à la résolution du problème de transport durable:
modélisation et résolution par les métaheuristiques**

Soutenue le 02 mai 2015 devant le jury composé de :

Nom	Titre	Etablissement	
J. BOUKACHOUR	Maître de conférences HDR	Université du Havre, France	Président
M. ELKHOMSSI	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc	Rapporteur
A. EL OMRI	PES	FS- Ain Chock- Casablanca	Rapporteur
M. EL MEROUANI	PH	Université Abdelmalek Essaadi, Tetouan, Maroc	Rapporteur
A. EL AFIA	PH	Université Mohammed V - Souissi, Rabat Maroc	Examineur
A. CHAFI	PH	Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc	Examineur
A. ELHILALI ALAOUI	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc	Directeur
Y. BENADADA	PES	Université Mohammed V - Souissi, Rabat Maroc	Co-Directeur



Contribution à la résolution du problème de transport durable: modélisation et résolution par les métaheuristiques

Résumé de la thèse

Dans cette thèse, nous nous intéressons au développement des réseaux de transport durable qui nous semble un des éléments clés importants pour limiter les émissions de dioxyde de carbone, nous considérons ainsi que la réduction de ces émissions dépend fortement de l'organisation de la chaîne logistique, et des choix technologiques et des modes de transports. En se basant sur les modèles mathématiques du problème VRP, nous avons introduit une nouvelle modélisation mathématique qui vise à répondre à l'exigence de durabilité, il s'agit du problème de tournées de véhicules vert (GVRP). Il consiste à construire un ensemble de tournées, en commençant et finissant à un dépôt tout en minimisant le critère environnemental. Nous avons aussi proposé une modélisation multi-objectif, qui vise à minimiser le coût du transport et la quantité d'émission des véhicules, il s'agit d'un problème de tournées de véhicules bi-objectifs vert (BGVRP). Une autre extension du problème vert était traitée dans ce travail, le problème de tournées de véhicules multi-tournées vert (GVRPM) qui vise à minimiser la quantité d'émission totale des véhicules qui font plusieurs tournées pendant la même journée, et minimiser également le temps supplémentaire de la livraison. Nous avons proposé des nouvelles approches de résolution pour les problèmes étudiés, basées sur l'optimisation par colonie de fourmis combinant l'algorithme de recherche à grand voisinage, l'algorithme génétique, et l'algorithme mémétique. Et avant de présenter les résultats expérimentaux obtenus et de les comparer, nous avons réglé les paramètres des algorithmes en se servant de la méthode de Taguchi qui fait partie des méthodes de plans d'expériences.

Mots-Clés: Transport durable, problème de tournées de véhicules, vert, bi-Objectif, Multi-tournées, matrice d'émission de dioxyde de carbone, optimisation par colonie de fourmis, algorithme génétique, algorithme de recherche à grand voisinage, algorithme mémétique.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	3
Remerciement	4
Résumé	7
Table des figures	12
Liste des tableaux	14
Liste des algorithmes	15
Liste des abréviations	16
Introduction générale	18
I Logistique du transport du fret durable	22
I Introduction	22
II Chaîne logistique	23
1 Définition de la logistique	23
2 Définition de la chaîne logistique	24
3 Logistique du transport du fret	26
3.1 Transport du fret	26
3.2 Modes de gestion du transport du fret	28
3.3 Types des réseaux logistiques	28

3.4	Impact du transport routier sur l'environnement	31
III	Concept du transport durable	33
1	Développement durable	34
2	Transport durable	35
IV	Conclusion	37
II	Tournées de véhicules : états de l'art et méthodes de résolution	38
I	Introduction	38
II	Optimisation combinatoire	39
1	Préliminaire	39
III	Méthodes de résolution	40
1	Méthodes approchées	41
1.1	Heuristiques	41
1.2	Métaheuristiques	42
1.2.a	Algorithme de recherche à grand voisinage	43
1.2.b	Algorithmes génétiques	43
1.2.c	Algorithme de colonies de fourmis	48
IV	Problème de tournées de véhicules	53
1	Modélisation mathématique du VRP	54
2	Quelques variantes du problème <i>VRP</i>	56
V	Conclusion	58
III	Problème de tournées de véhicules vert : résolution par les métaheuristiques	59
I	Introduction	59
II	Méthodologie de calcul d'émission	60
1	Véhicules de transport lourd	60
2	Unités de mesure des gaz à effet de serre	61
3	Méthodes pour déterminer le facteur d'émission	62
4	Élaboration du facteur d'émission pour les HDV	64
III	Problème de tournées de véhicules vert	69
1	État de l'art	69
2	Description du problème	71
3	Modèle mathématique	71
IV	Approches de résolution	74

1	Résolution par l'algorithme génétique	75
1.1	Représentation des solutions	75
1.2	Génération de la population initiale	76
1.3	Fonction d'évaluation	76
1.4	Sélection	76
1.5	Opérateurs de reproduction	78
2	Résolution par l'algorithme de colonie de fourmis hybridée	81
2.1	Phase d'initialisation	81
2.2	Phase de construction des routes :	82
2.3	Mise à jour des traces de phéromones	83
2.4	Phase d'hybridation	85
3	Plans d'expériences et réglage des paramètres	86
4	Exemple de réalisation des plans d'expériences	88
5	Résultats numériques	90
5.1	Résultats numériques du VRP	90
5.2	Résultats numériques pour le <i>GVRP</i>	95
V	Conclusion	99

IV	Problème de tournées de véhicules vert bi-objectif : résolution par l'algorithme génétique	100
I	Introduction	100
II	Problème d'optimisation multi-objectifs	101
1	Définition	101
2	Approches de résolution des MOP	103
2.1	Approches scalaires	103
2.2	Approches Pareto	103
2.3	Approches non scalaires et non Pareto	104
3	Problème de tournées de véhicules vert bi-objectif	104
3.1	Exemple de <i>GVRP</i> et <i>CVRP</i>	105
3.2	Modélisation mathématique du <i>BGVRP</i>	108
3.3	Approche de résolution du <i>BGVRP</i>	109
3.4	Résultats numériques du <i>BGVRP</i>	111
III	Conclusion	114

V	Problème de tournées de véhicules multi-tournées vert : résolution par l'algorithme mémétique	115
I	Introduction	115
II	Problème de tournées de véhicules multi-tournées	116
III	Problème de tournées de véhicules multi-tournées vert	117
IV	Approche de résolution de GVRPM	120
1	Codage des solutions	120
2	Création de la population initiale	121
3	Fonction d'évaluation	122
4	Croisement	122
5	Mutation	123
6	Recherche locale	123
6.1	Recherche locale intra-tournée	124
6.2	Recherche locale inter-tournées	124
7	Affectation des véhicules	124
8	Résultats numériques	125
9	Conclusion	130
	Conclusion générale et perspectives	131
	Bibliographie	134
	Annexe A : Tableaux utilisés du projet MEET	145
	Annexe B : Exemple de l'instance I3 utilisée pour traiter le problème <i>GVRP</i>	148