



**HAL**  
open science

## Un problème riche stochastique de tournées avec inventaires pour la collecte de déchets en apport volontaire : modélisation et résolution par ALNS

Pierre Dejax, Nathalie Bostel, Quentin Tonneau, Thomas G. Yeung

### ► To cite this version:

Pierre Dejax, Nathalie Bostel, Quentin Tonneau, Thomas G. Yeung. Un problème riche stochastique de tournées avec inventaires pour la collecte de déchets en apport volontaire : modélisation et résolution par ALNS. ROADEF 2018, Feb 2018, Lorient, France. hal-02006293

**HAL Id: hal-02006293**

**<https://hal.science/hal-02006293>**

Submitted on 4 Feb 2019

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

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

# Un problème riche stochastique de tournées avec inventaires pour la collecte de déchets en apport volontaire : modélisation et résolution par ALNS

Pierre Dejax<sup>1</sup>, Nathalie Bostel<sup>2</sup>, Quentin Tonneau<sup>1</sup> et Thomas Yeung<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IMT Atlantique, UBL, LS2N, F-44307 Nantes, France  
{Pierre.Dejax, Quentin.Tonneau, Thomas.Yeung}@imt-atlantique.fr

<sup>2</sup> Université de Nantes, UBL, LS2N, Nantes 44300, France  
Nathalie.Bostel@univ-nantes.fr

**Mots-clés :** *Inventory routing problem, Wastes collection, optimisation, stochastic demand*

## 1. Introduction et problématique

Avec l'accroissement de la production de déchets dans le monde, l'optimisation de la collecte, du traitement et de l'élimination de ceux-ci constitue un problème logistique majeur. Nous étudions dans cette recherche un nouveau problème de gestion des stocks avec inventaires (IRP) dans le domaine de la collecte des déchets en points d'apport volontaires (PAV) (conteneurs ou colonnes) placés dans des lieux publics (collectivités) ou chez des industriels. Ce problème sera désigné par WCIRP dans la suite.

Ces colonnes destinées à recevoir des produits divers (cartons, verre, papiers, déchets ménagers...) sont remplies de façon aléatoire et doivent être collectées avant de déborder, entraînant de lourdes pénalités financières pour le prestataire. Une flotte hétérogène limitée de véhicules est utilisée pour effectuer ce service dans le cadre de tournées planifiées sur un horizon de temps fixe ou glissant. Le passage par un véhicule dans l'un des points de collecte entraîne le vidage intégral du conteneur. Chaque véhicule est caractérisé par une structure de coût propre (coût fixe, coût proportionnel à la distance ou au temps de roulage) et une capacité de chargement des produits. Nous considérons un problème de collecte multi produits où les véhicules ne peuvent charger qu'un produit à la fois. Les véhicules commencent et finissent leur tournée vides à partir d'un dépôt central et doivent vider leur chargement dans un ensemble d'unités intermédiaires (exutoires). Après vidage, les véhicules continuent leur tournée et peuvent collecter un produit différent ou non. Tous les PAV et exutoires doivent être desservis à l'intérieur de fenêtres de temps qui peuvent être multiples.

Le processus de décision consiste à établir les plannings de collecte (vidage) des conteneurs de la zone de PAV considérée pour limiter le nombre de leurs débordements, et celui des véhicules, ainsi qu'à définir les tournées associées à cette prestation sur l'horizon de temps considéré, en respectant les caractéristiques de la flotte et les contraintes temporelles (fenêtres d'ouverture des points du réseau). L'objectif économique est de minimiser le coût total pour l'entreprise de collecte, comprenant celui des véhicules (coûts fixes, horaires et kilométriques) et des pénalités importantes en cas de débordement des conteneurs.

## 2. Approche et résultats

Après avoir effectué un état de l'art du problème (voir en particulier [1], [2] et [3]), nous proposons une modélisation sous forme de MILP et une métaheuristique de type ALNS [4] pour la résolution du problème avec demande supposée déterministe dans un premier temps. Notre procédure ALNS est basée sur un ensemble de quatre opérateurs de destruction et de six opérateurs de réparation. Nous comparons les solutions heuristiques obtenues avec les solutions optimales de notre modèle résolu par CPLEX sur 42 instances de petite taille générées aléatoirement. À l'exception de quatre instances, notre approche ALNS propose une solution équivalente ou meilleure à celle obtenue par CPLEX et dans un délai largement inférieur. Nous résolvons également avec cette approche ALNS des instances de VRPTW et IRP issues de la littérature. Nous proposons dans un second temps de traiter un cas réel, de plus de 4000 points de collecte sur 31 jours de planification, proposé par l'entreprise Brangeon. Nous résolvons ce problème avec une optimisation en planning glissant.

L'analyse de la base réelle de colonnes d'apport volontaire comprenant 230 000 pesées est effectuée et la loi de répartition empirique obtenue est comparée par rapport à la modélisation par les lois Gamma, Normale, Weibull et Exponentielle. Les scores des trois premières lois par le test d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov étant très proches (0,14) nous conduisent à sélectionner la loi de probabilité Normale pour estimer la quantité quotidienne de déchets apportés aux PAV. Sur la base de cette loi, nous effectuons une reformulation stochastique du problème de WCIRP et une adaptation de notre algorithme ALNS pour minimiser l'espérance de coût, composée entre autres par la probabilité de débordement des conteneurs sur les différentes périodes de l'horizon, mais également la probabilité de remplissage prématuré d'un véhicule, obligeant ce dernier à effectuer un aller-retour vers l'exutoire compatible le plus proche (solution de recours).

Les résultats obtenus avec cet algorithme ALNS adapté au contexte stochastique sont comparés à la solution déterministe basée sur un remplissage constant et égal à la moyenne des apports pour chaque conteneur. Nous effectuons cette comparaison sur un millier de réalisations possibles, générées aléatoirement. Nous montrons ainsi que si l'approche déterministe semble être la plus économique de premier abord, elle devient très coûteuse lors de sa mise en application avec les demandes stochastiques, occasionnant en moyenne 41 débordements de conteneurs sur l'horizon étudié. Le coût de la solution stochastique est en moyenne dix fois plus faible, avec moins d'un débordement par scénario de réalisation.

Cette recherche ouvre de nombreuses perspectives, notamment d'adapter l'approche à d'autres variantes des problèmes de tournées stochastiques ou au problème de Localisation-Routage.

**Remerciements.** Cette recherche a été partiellement financée par le Groupe Brangeon, spécialisé dans la logistique des déchets. Les auteurs remercient cette Société pour sa collaboration active, et en particulier Mme. Valérie Mulhaupt et M. Romain Hospital.

## Références

- [1] Claudia Archetti, Luca Bertazzi, Gilbert Laporte, and Maria Grazia Speranza. A Branch-and-Cut Algorithm for a Vendor Managed Inventory Routing Problem. *Transportation Science*, 41(3) :382–391, 2007.
- [2] A. M. Benjamin and J. E. Beasley. Metaheuristics for the waste collection vehicle routing problem with time windows, driver rest period and multiple disposal facilities. *Computers and Operations Research*, 37(12) :2270–2280, 2010.
- [3] Leandro C. Coelho and Gilbert Laporte. A branch-and-cut algorithm for the multi-product multivehicle inventory-routing problem. *International Journal of Production Research*, 51(23–24) 7156-7169, 2013.
- [4] Stefan Ropke and David Pisinger. An Adaptive Large Neighborhood Search Heuristic for the Pickup and Delivery Problem with Time Windows. *Transportation Science*, 40(4) :455–472, 2006.