

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Supérieure de Management
Koléa



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

المدرسة الوطنية العليا للمناجنت
القلعة

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention d'un Master académique en

« Management de la Chaine Logistique »

Optimisation des Tournées de Livraison par les Outils de Planification Intelligente

Cas de SARL DRACO

Elaboré par :

DJERBOUA Wassim

Encadré par :

Pr. MEDDAHI Atmane

2025/2026

RÉSUMÉ

La complexité croissante de la logistique urbaine, particulièrement dans des agglomérations denses comme Alger, impose aux entreprises de distribution de repenser radicalement leurs modèles opérationnels. Ce mémoire analyse l'optimisation des tournées de livraison au sein de la SARL DRACO, filiale du groupe Fattal Holding, en étudiant l'impact de l'intégration d'outils de planification intelligente.

L'objectif principal de cette recherche est d'évaluer dans quelle mesure ces technologies, fondées sur les principes du Vehicle Routing Problem (VRP) et s'inscrivant dans la dynamique de la Distribution 4.0, permettent de pallier les inefficacités des méthodes manuelles traditionnelles. En passant d'une gestion empirique à un modèle piloté par la donnée, l'entreprise cherche à réduire les coûts cachés et à améliorer sa réactivité face aux contraintes du terrain.

La méthodologie adoptée est de nature quantitative et empirique. Elle s'articule autour d'une double approche: l'analyse comparative des données historiques de performance (avant/après la mise en place de l'outil) et une enquête quantitative menée auprès des acteurs de terrain, traitée via le logiciel SPSS. Les résultats démontrent une corrélation positive et significative ($r = 0,869$) entre l'usage des outils de planification et l'optimisation de la performance logistique. L'étude confirme que l'automatisation du routage permet une augmentation du volume de livraisons quotidiennes et du « drop size » par point de vente, validant ainsi la pertinence stratégique de la transition numérique dans le tissu industriel algérien.

Mots-clés: Tournées de livraison, Planification intelligente, Distribution 4.0, Vehicle Routing Problem (VRP), Logistique urbaine.

ملخص البحث

إن التعقيد المتزايد للوجستيات الحضرية، خاصة في التجمعات السكانية الكثيفة مثل مدينة الجزائر، يفرض على شركات التوزيع إعادة التفكير بشكل جذري في نماذجها التشغيلية. تهدف هذه المذكرة إلى دراسة تحسين جولات التوزيع داخل شركة DRACO SARL، التابعة لمجموعة Fattal Holding، من خلال تحليل أثر دمج أدوات التخطيط الذكي في إدارة عمليات التوصيل.

يتمثل الهدف الرئيسي لهذه الدراسة في تقييم مدى مساهمة هذه التقنيات، المبنية على مبادئ مشكلة توجيه المركبات (Vehicle Routing Problem - VRP)، والمنسجمة مع توجهات التوزيع 4.0 (Distribution 4.0)، في معالجة أوجه القصور المرتبطة بأساليب التخطيط اليدوية التقليدية. فمن خلال الانتقال من إدارة تعتمد على الخبرة والتقدير الشخصي إلى نموذج قائم على تحليل البيانات، تسعى المؤسسة إلى تقليص التكاليف الخفية وتحسين قدرتها على الاستجابة للقيود والتحديات الميدانية.

اعتمدت الدراسة منهجية كمية وتجريبية، ارتكزت على مقارنة مزدوجة تتمثل في: تحليل مقارنة لبيانات الأداء التاريخية (قبل وبعد تطبيق أداة التخطيط الذكي)، بالإضافة إلى إجراء استبيان موجه لمختلف الفاعلين الميدانيين، تمت معالجة نتائجه باستخدام برنامج SPSS للتحليل الإحصائي.

أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية قوية ودالة إحصائياً ($r = 0.869$) بين استخدام أدوات التخطيط الذكي وتحسين الأداء اللوجستي. كما أكدت الدراسة أن أتمتة تخطيط المسارات تساهم في زيادة عدد عمليات التسليم اليومية، ورفع متوسط عدد الوحدات المسلمة لكل نقطة بيع (Drop Size)، مما يبرز الأهمية الاستراتيجية للتحول الرقمي في تطوير أداء المؤسسات الصناعية واللوجستية في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: جولات التوصيل، التخطيط الذكي، التوزيع 4.0، مسألة توجيه المركبات، الخدمات اللوجستية الحضرية.

ABSTRACT

The increasing complexity of urban logistics, particularly in dense urban environments like Algiers, compels distribution companies to fundamentally rethink their operational models. This dissertation analyzes the optimization of delivery routes at SARL DRACO, a subsidiary of the Fattal Holding group, by examining the impact of integrating smart planning tools. The primary objective of this research is to evaluate the extent to which these technologies, grounded in the principles of the Vehicle Routing Problem (VRP) and aligned with the dynamics of Distribution 4.0, mitigate the inefficiencies of traditional manual methods. By shifting from an empirical management style to a data-driven model, the company aims to reduce hidden costs and enhance its responsiveness to field constraints.

The adopted methodology is quantitative and empirical, based on a dual approach: a comparative analysis of historical performance data (pre- and post-tool implementation) and a quantitative survey conducted among field actors, processed using SPSS software. The results reveal a significant positive correlation ($r = 0.869$) between the use of smart planning tools and logistics performance. The study confirms that route automation enables an increase in daily delivery volumes and the "drop size" per point of sale, thereby validating the strategic relevance of digital transformation within the Algerian industrial sector.

Keywords: Delivery routes, Smart planning, Distribution 4.0, Vehicle Routing Problem (VRP), Urban logistics.

Remerciements et Dédicace

Je tiens tout d'abord à remercier **Allah**, le Tout-Puissant, de m'avoir donné la force, la patience et la capacité d'arriver là où je suis aujourd'hui. **El Hamdoulah** pour m'avoir guidé tout au long de mon parcours, depuis mon admission à cette école jusqu'à l'achèvement de ce travail.

Je remercie profondément ma famille, en particulier mon père, mes frères et ma petite sœur, pour leur soutien, leurs encouragements et leur présence constante. Mes remerciements vont également à ma tante maternelle, à mes tantes paternelles, ainsi qu'à mes oncles maternels et paternels.

Je dédie ce travail à la mémoire des êtres chers qui nous ont quittés et qui ont marqué ma vie **ma mère, Allah Yerhamha**, mon grand-père maternel, ainsi que mes grands-parents paternels. Que Dieu leur accorde Sa miséricorde.

J'adresse mes sincères remerciements à tous mes enseignants, depuis le primaire jusqu'au Master, pour leur accompagnement et leur transmission du savoir. Je remercie également mes camarades de classe et mes amis, pour leur soutien et les moments partagés.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadrant, **Professeur Atmane MEDDAHI**, pour son accompagnement exceptionnel, sa disponibilité et ses précieux conseils tout au long de mon parcours et de la réalisation de ce mémoire.

Je remercie également l'ensemble du personnel de la **SARL DRACO**, notamment Monsieur **Hamid BOUMESBAH**, Directeur Général, pour son accueil et son soutien.

Je tiens à adresser un remerciement tout particulier à mon tuteur de stage, Monsieur **Hamza THAMER**, Manager IT, qui m'a accueilli au sein de l'entreprise et m'a ouvert ses portes. Son accompagnement, son soutien constant et son aide précieuse dans les moments de difficulté, notamment durant la phase de recherche au sein de DRACO, ont été déterminants. Son engagement et sa disponibilité sont pour moi inoubliables.

Je remercie également Madame **Abdelhafide Nesrine** pour son aide et sa disponibilité.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Table des matières

RÉSUMÉ	I
ملخص البحث.....	II
ABSTRACT	III
Remerciements et Dédicace	IV
LISTE DES TABLEAUX	IX
LISTE DES FIGURES.....	X
LISTE DES ABRÉVIATION	XI
INTRODUCTION	2
Intérêt de la recherche	3
Objectif de la recherche.....	3
Problématique	4
Méthodologie de recherche.....	4
Terrain de recherche.....	5
Structure du mémoire.....	6
CHAPITRE I: REVUE DE LITTÉRATURE & CADRE CONCEPTUE.....	2
Section 01: Revue de la littérature.....	9
1.1. Les tournées de livraison dans la chaîne logistique urbaine.....	10
1.2. Les problématiques du Vehicle Routing Problem (VRP).....	11
1.3.La planification intelligente comme levier d'optimisation	13
Section 2: Cadre conceptuel.....	18
2.1.Les tournées de livraison	18
2.1.1. Définition des tournées de livraison	18
2.1.2 Objectifs et enjeux des tournées en milieu urbain	19
A.L'objectif économique: Faire plus avec moins.....	20
B.L'enjeu stratégique: Gérer le désordre et l'urgence.....	20
C.L'enjeu de durabilité: Livrer "propre" et à l'heure	20
2.1.3 Indicateurs de performance (coût, distance, délai, taux de remplissage).....	21
A.Le coût global et la distance totale.....	21
B. Le délai de livraison (Lead Time).....	21
C.Le taux de remplissage des véhicules	21
D.La fiabilité de la tournée	21
E.La productivité de la flotte	22
2.1.Les problèmes de routage (Routing).....	23

2.1.1. Le problème du voyageur de commerce (TSP)	23
2.1.2. Le problème de tournées de véhicules (VRP)	24
2.1.3. Les variantes du VRP (capacité, dynamique, fenêtres temporelles, multi-dépôts).....	27
A. Le VRP Capacitaire (CVRP - Capacitated VRP)	27
B. Le VRP avec Fenêtres Temporelles (VRPTW - VRP with Time Windows)	27
C. Le VRP Dynamique (DVRP - Dynamic VRP).....	28
D. Le VRP Multi-Dépôts (MDVRP - Multi-Depot VRP).....	29
E. Perspectives Collaboratives et Vertes (Transferts & Green VRP).....	30
2.1.4. Méthodes de résolution du VRP et de ses variantes	31
A. Les Méthodes Exactes (L'optimalité mathématique)	32
B. Les Heuristiques Classiques (La rapidité opérationnelle).....	32
C. Les Métaheuristiques et Algorithmes Évolutionnaires.....	32
D. Synthèse: Vers l'hybridation et la collaboration.....	33
2.1.5. Les difficultés opérationnelles dans les entreprises de distribution	33
A. Le défi de la congestion et de la morphologie urbaine	33
B. La barrière humaine: Entre fatigue et résistance au changement.....	34
D. La résilience face aux ruptures de la chaîne (VRP Durable et Disruptif)	34
2.2. La planification intelligente.....	35
2.2.2. Planification classique vs planification intelligente (Distribution 4.0).....	38
2.2.3. L'intégration des données en temps réel.....	39
A. L'effet de levier: La dilution des coûts fixes.....	41
B. Logiciels de routage: La puissance du Cloud	44
C. Algorithmes et Automatisation: Vers des plans "Auto-réparateurs"	44
2.3.3. Impact de l'optimisation intelligente sur la performance globale.....	44
CHAPITRE II: CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET ORGANISATIONNEL	9
Introduction.....	48
Section 1: Cadre méthodologique	48
1.1. Méthodologie de la recherche.....	48
1.2. L'approche méthodologique	49
1.3. Les outils de collecte des données.....	50
1.3.1. Le questionnaire.....	50
1.3.2. Les données internes de l'entreprise	52
1.4. Population et échantillonnage	53
Section 2: Cadre organisationnel – Cas SARL DRACO	54
2.1. Présentation de SARL DRACO.....	54
2.2. Historique et évolution.....	55
2.2.1. Étape de Fondation et de Rayonnement International (2008 – 2019)	55
2.2.2. Étape de Rupture et de Mutation Opérationnelle (2020 – 2022).....	55

Fermeture des importations en Algérie.....	55
2.2.3. Étape d'Industrialisation et de Souveraineté Logistique (2023 – Avril 2026).....	55
SOURCE :DONNEES D'ENTREPRISE	56
2.3. Activités et portefeuille produits	56
2.3.1. Produits alimentaires	56
2.3.2. Produits cosmétiques (Labonedjma – Flux Care...).....	57
2.3.3. Produits d'entretien automobile.....	58
2.3.4. Produits de la marque BIC.....	58
La SARL DRACO assure également la distribution des produits de la marque BIC, comprenant plusieurs catégories :	58
Source: Élaboré par nos soins à partir des données internes de l'entreprise.	60
2.4.Les types de vente et système de distribution.....	60
2.4.1.Le système de pré-vente	60
2.4.2.Le système Cash Van (vente directe)	61
CHAPITRE III: ANALYSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION	48
Introduction.....	65
Section 1: Analyse comparative de la planification des tournées chez DRACO	65
3.1.1 Méthodes de planification utilisées (avant).....	66
3.1.2 Limites et contraintes de la planification traditionnelle	67
3.1.3 Analyse des performances des tournées (avant).....	68
3.2 Planification des tournées après l'intégration des outils de planification intelligente ..	69
3.2.1 Processus de planification des tournées	69
3.2.2 Rôle des acteurs (planificateurs, livreurs, pilote outil).....	70
A. Le planificateur	70
B. Le livreur	71
C. Le pilote de l'outil (support système).....	71
3.2.3 Suivi et ajustement des tournées en temps réel.....	72
3.2.4 Analyse des performances des tournées (après)	72
3.3 Analyse comparative avant / après	74
3.3.1 Comparaison des indicateurs logistiques (distance, délai, coût...)	74
3.3.2 Impact des outils de planification intelligente sur l'optimisation des tournées.....	75
3.3.3 Synthèse des améliorations observées.....	76
Section 2: Analyse des Résultats du Questionnaire.....	77
2.1. Présentation de l'échantillon.....	77
2.1.1. Répartition selon la fonction	77
2.1.2. Répartition selon l'expérience	78

2.1.3. Répartition selon l'ancienneté dans l'entreprise	78
2.1.4. Répartition selon le niveau académique	79
2.2. Analyse descriptive des variables.....	80
2.2.1. Analyse de la planification intelligente (Variable Indépendante)	80
2.2.2. Analyse de l'optimisation des tournées (Variable Dépendante)	81
2.2.3. Relation entre les dimensions de la variable indépendante et la variable dépendante ...	82
2.2. Analyse statistique	84
2.3.1. Analyse de corrélation.....	84
2.3.2. Analyse de régression.....	85
2.3.3. Test des hypothèses	86
Section 3: Discussion des Résultats	87
3.1. Interprétation des résultats	87
3.1.1. Interprétation des résultats quantitatifs.....	87
3.1.2. Confrontation avec les observations terrain	88
3.2. Validation de la problématique	89
3.2.1. Vérification de l'impact des outils de planification	89
3.2.2. Réponse à la problématique de recherche	90
Bibliographie	98
ANNEXES	104

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Synthèse de la revue de littérature	15
Tableau 2 Analyse des perspectives collaboratives et technologiques	31
Tableau 3 Synthèse des approches	37
Tableau 4 Synthétise les ruptures majeures identifiées entre la planification intelligent et planification traditionnel	39
Tableau 5 Tableau de bord de la performance: Impact des outils intelligents sur les KPI	42
Tableau 6 Tableau d'évaluation	52
Tableau 7 Structure du portefeuille produits de SARL DRACO	59
Tableau 8 Comparatif des systèmes de distribution	61
Tableau 9 Répartition selon la fonction	78
Tableau 10 Répartition selon l'expérience	78
Tableau 11 Répartition selon l'ancienneté dans l'entreprise	79
Tableau 12 Répartition selon le niveau académique	79
Tableau 13 Analyse de la planification intelligente (Variable Indépendante)	80
Tableau 14 Analyse de l'optimisation des tournées (Variable Dépendante)	81
Tableau 15 présente les statistiques descriptives et les corrélations de chaque dimension	82
Tableau 16 matrice de corrélation complète entre les dimensions et la variable dépendante	83
Tableau 17 La régression multiple intégrant les trois dimensions	83
Tableau 18 L'analyse de fiabilité préliminaire (Alpha de Cronbach)	85
Tableau 19 coefficient de corrélation de Pearson	85
Tableau 20 Analyse de régression	86
Tableau 21 Récapitulatif des résultats statistiques	91

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Exemple de solution du VRP	25
Figure 2 Un exemple de problème de VRP 20 clients résolu avec 4 véhicules.....	26
Figure 3 Exemple de fenêtre de temps sur un nœud	28
Figure 4 Exemple de solution multi-dépôt d'un VRP	30

LISTE DES ABRÉVIATION

CVRP	Capacitated VRP
DVRP	Dynamic VRP
ERP	Enterprise Resource Planning
GPS	Global Positioning System
GVRP	Green VRP
KPI	Key Performance Indicator (Indicateur clé de performance)
MDVRP	Multi-Depot VRP
SARL	Société à Responsabilité Limitée
SIAD	systèmes d'aide à la décision
SKU	Stock Keeping Unit (Unité de gestion de stock)
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TD-VRP	Le VRP dépendant du temps
TMS	Transport Management System (Système de gestion du transport)
TSP	Travelling Salesman Problem (Problème du voyageur de commerce)
VRP	Vehicle Routing Problem (Problème de tournées de véhicules)
VRPTW	VRP with Time Windows

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Dans un contexte économique mondial caractérisé par l'accélération des mutations technologiques et une exigence accrue de réactivité, la gestion de la chaîne logistique est devenue le pivot central de la performance des entreprises. Les réseaux économiques ne cessent de se complexifier, contraignant les organisations à repenser en profondeur leurs modèles organisationnels et leurs outils de pilotage. La chaîne d'approvisionnement, en tant que colonne vertébrale de la performance industrielle, doit aujourd'hui répondre à des impératifs d'agilité, de traçabilité et d'efficacité, où la capacité d'adaptation constitue désormais un avantage concurrentiel majeur pour naviguer dans un environnement incertain.

Cette transformation est particulièrement visible au sein de la logistique urbaine, où les distributeurs font face à la réalité physique des agglomérations denses, à l'instar d'Alger. La gestion du « dernier kilomètre » y représente un défi opérationnel et financier considérable. La congestion routière chronique, les contraintes d'accès aux centres urbains et l'imprévisibilité constante des flux imposent aux entreprises une pression opérationnelle forte. Dans cet environnement où l'aléa devient la norme, la planification statique traditionnelle, fondée sur des schémas de tournées rigides et des processus manuels, s'avère désormais insuffisante pour maintenir une qualité de service optimale tout en maîtrisant les coûts de distribution.

Face à ces limites, une nouvelle ère logistique émerge: celle de la « Distribution 4.0 ». Ce paradigme marque une rupture technologique majeure, opérant la transition d'une gestion empirique vers un modèle piloté par la donnée (*data-driven*). Grâce à l'intégration d'algorithmes avancés de routage, à l'intelligence artificielle et à l'exploitation des données en temps réel, les entreprises disposent désormais de leviers puissants pour anticiper les fluctuations du trafic et optimiser dynamiquement leurs ressources. Il ne s'agit plus simplement de transporter des marchandises, mais d'orchestrer intelligemment des flux complexes au sein d'un écosystème numérique connecté, capable de transformer la contrainte géographique en variable de performance.

C'est précisément au cœur de cette mutation que se situe la présente étude consacrée à la SARL DRACO. En s'inscrivant dans cette dynamique de modernisation, l'entreprise cherche à intégrer ces outils de planification intelligente pour surmonter les obstacles structurels propres à la distribution urbaine. Cette recherche propose d'analyser comment l'adoption de ces solutions technologiques permet de dépasser les modèles logistiques classiques, offrant

ainsi une vision renouvelée de l'optimisation des tournées de livraison et marquant une étape décisive dans l'évolution des pratiques opérationnelles de l'entreprise étudiée.

Intérêt de la recherche

L'intérêt de cette recherche réside d'abord dans la nécessité de redéfinir la tournée de livraison, trop souvent perçue de manière simpliste, comme un processus stratégique complexe. Avant toute planification opérationnelle, il est crucial d'identifier les axes déterminants qui structurent la réussite d'une tournée: la gestion des contraintes de temps, le volume des commandes, la densité des zones et les spécificités d'accès. Cette étude se propose de mettre en lumière ces paramètres critiques, qui constituent le socle de toute efficacité logistique, et de démontrer que la performance ne dépend pas seulement de l'exécution, mais de la rigueur de la préparation en amont.

De plus, cette recherche s'inscrit dans un contexte technologique en pleine accélération où l'émergence du concept de « Distribution 4.0 » n'est plus une option, mais une nécessité opérationnelle. Cette transition est particulièrement pertinente pour des entreprises évoluant dans des environnements urbains denses, géographiquement restreints et complexes comme celui d'Alger. Face à la saturation des points de livraison et à la difficulté de gérer des flux élevés dans une géographie limitée, les méthodes de planification traditionnelles atteignent leurs limites. Cette étude est donc essentielle pour comprendre comment les outils de planification intelligente peuvent transformer ces contraintes structurelles en opportunités de performance. Elle offre ainsi une vision pragmatique et nécessaire de la transition numérique, directement appliquée aux réalités du terrain de la SARL DRACO.

Objectif de la recherche

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer statistiquement dans quelle mesure l'intégration des outils de planification intelligente influence l'optimisation des tournées de livraison et la performance logistique globale de la SARL DRACO, en s'inscrivant dans la dynamique de la Distribution 4.0.

Pour atteindre cet objectif général, nous avons fixé quatre objectifs spécifiques :

1. **Révéler l'impact des coûts cachés liés à l'invisibilité des données:** Analyser comment la digitalisation des flux et l'exploitation des données en temps réel permettent d'identifier et de réduire les coûts opérationnels « invisibles » (surconsommation de carburant, temps d'arrêt, sous-utilisation des véhicules) qui grèvent la rentabilité de la distribution urbaine traditionnelle.

2. **Mesurer la performance opérationnelle et le respect des délais:** Quantifier, à travers les indicateurs de performance (KPIs), l'amélioration de la capacité de l'entreprise à livrer les produits au « moment idéal » (respect des fenêtres temporelles) grâce à l'automatisation des tournées.
3. **Valider empiriquement l'impact de la planification intelligente:** Vérifier, par une approche statistique rigoureuse, l'hypothèse selon laquelle les outils de planification intelligente optimisent les tournées de livraison. Il s'agit de passer d'une affirmation théorique générale à une preuve chiffrée, démontrant que les outils technologiques réduisent significativement les distances parcourues et les coûts logistiques.
4. **Évaluer la pertinence de la digitalisation dans un environnement urbain dense:** Démontrer l'intérêt stratégique pour une entreprise opérant à Alger de basculer vers un modèle de Distribution 4.0, afin de transformer les contraintes géographiques et la densité des points de livraison en opportunités d'optimisation mathématique.

Problématique

Face aux défis de la mobilité urbaine et à la nécessité de réduire les coûts logistiques, les entreprises de distribution cherchent à automatiser leurs processus de décision pour gagner en agilité. La problématique centrale peut ainsi être formulée:

« Dans quelle mesure l'intégration des outils de planification intelligente influence-t-elle le niveau d'optimisation des tournées de livraison en termes de performance logistique ? »

Hypothèses de recherche

Dans le cadre de cette étude, nous avons formulé l'hypothèse suivante:

Les outils de planification intelligente ont un impact positif et significatif sur la performance des tournées de livraison.

Méthodologie de recherche

La présente recherche s'inscrit dans une démarche exclusivement quantitative et empirique, visant à objectiver l'impact des outils de planification intelligente sur la performance logistique de la SARL DRACO. Pour valider nos hypothèses (H_0 et H_1), nous avons adopté une méthodologie bifactorielle articulée autour de l'analyse objective des données historiques et d'une enquête quantitative auprès des acteurs opérationnels.

Dans un premier temps, nous avons procédé à une analyse comparative des performances logistiques avant et après la mise en place de l'outil de planification. Grâce à l'accès privilégié aux données internes de la SARL DRACO, nous avons pu extraire des indicateurs clés de performance (KPIs) sur deux périodes distinctes: l'une correspondant à la gestion manuelle traditionnelle et l'autre à la période post-intégration de l'outil intelligent. Cette analyse des séries chronologiques permet de quantifier, sans biais, les gains réels en termes de réduction des distances parcourues, d'optimisation des temps de parcours et d'amélioration du taux de remplissage des véhicules. Cette approche purement factuelle constitue le socle de notre démonstration sur l'efficacité technologique.

Dans un second temps, afin de mesurer le degré d'appropriation de ces outils et leur impact perçu au sein de l'organisation, nous avons administré un questionnaire structuré auprès d'un échantillon représentatif de collaborateurs impliqués dans la chaîne logistique. Ce volet quantitatif a été traité à l'aide du logiciel statistique SPSS. Il a permis d'évaluer, à travers des échelles de mesure validées (notamment le coefficient Alpha de Cronbach pour la fiabilité des échelles), la corrélation entre l'usage des outils de planification et la performance ressentie par les équipes. Cette étape permet non seulement d'objectiver le niveau d'appropriation technologique, mais aussi de confirmer, par des tests statistiques (corrélation de Pearson, analyse de variance), la significativité de l'impact des outils sur les opérations quotidiennes.

L'articulation de ces deux dimensions l'analyse des données réelles de terrain et le traitement statistique des perceptions offre une vision holistique de l'intégration technologique. En croisant les résultats de l'historique des tournées avec les données issues du questionnaire, nous sommes en mesure de confronter la performance "calculée" par l'outil à la réalité opérationnelle vécue par les collaborateurs. Cette architecture méthodologique garantit la robustesse scientifique de notre travail et permet de répondre à notre problématique avec une précision chiffrée, tout en isolant l'impact spécifique de la planification intelligente des autres variables environnementales de la distribution urbaine à Alger.

Terrain de recherche

Le choix de la SARL DRACO comme terrain d'investigation repose sur la pertinence stratégique de son profil et la complexité opérationnelle inhérente à ses activités. Filiale du groupe multinational libanais Fattal Holding, entreprise historique fondée en 1897, la SARL DRACO bénéficie d'une structuration organisationnelle robuste et d'une expertise reconnue dans le secteur de la distribution. Cette appartenance à un groupe international lui confère

une rigueur managériale et des standards logistiques élevés, faisant d'elle un acteur majeur du marché algérien.

Plusieurs facteurs font de cette entreprise un laboratoire d'analyse idéal pour notre étude quantitative :

Premièrement, la diversité de son portefeuille produit constitue un défi logistique complexe. La SARL DRACO assure simultanément la distribution de produits agroalimentaires, cosmétiques et de produits d'entretien. Cette multimodalité impose des contraintes spécifiques en termes de stockage, de conditions de transport et de gestion de flux, exigeant une planification fine pour optimiser chaque tournée.

Deuxièmement, la puissance de sa flotte de véhicules représente une ressource logistique importante, dont l'optimisation est au cœur des enjeux de performance de l'entreprise. La gestion de ces ressources mobiles nécessite un pilotage agile, particulièrement au regard de la zone géographique d'exercice: Alger. La capitale algérienne, avec plus de trois millions d'habitants concentrés sur une superficie de 809 km², représente en effet l'environnement urbain le plus complexe et le plus dense d'Algérie. La saturation des axes routiers, la densité des points de livraison et les contraintes d'accès urbains font de ce territoire un terrain de jeu exigeant où les méthodes traditionnelles de planification atteignent leurs limites.

En somme, la SARL DRACO réunit toutes les conditions nécessaires pour tester, dans un contexte réel et exigeant, l'impact des outils de planification intelligente. Son profil d'entreprise structurée, confrontée à une complexité géographique et opérationnelle forte, nous permet d'évaluer avec précision l'apport réel des solutions technologiques dans un environnement industriel en pleine transformation.

Structure du mémoire

Ce mémoire s'articule autour de trois chapitres complémentaires :

- Le **premier chapitre** établit les fondements théoriques, explorant la littérature sur le VRP, les enjeux de la logistique urbaine et les caractéristiques des outils de planification intelligente.
- Le **second chapitre** contextualise l'étude et détaille la méthodologie quantitative, présentant la SARL DRACO, ses indicateurs de performance et la démarche statistique adoptée.
- Le **troisième chapitre** présente l'analyse empirique des résultats. Il expose les résultats statistiques obtenus via SPSS, confronte ces données aux hypothèses de

recherche et propose des recommandations basées sur les preuves chiffrées
recueillies.

CHAPITRE I: REVUE DE LITTÉRATURE & CADRE CONCEPTUEL

Ce premier chapitre est consacré à l'exploration des fondements théoriques et opérationnels qui structurent notre recherche, en dressant un état de l'art complet nécessaire à la compréhension des enjeux liés à l'optimisation des tournées de livraison. Avant d'aborder notre étude de terrain, nous avons jugé indispensable de revenir sur les concepts fondamentaux de la logistique urbaine, un domaine où la densité des flux impose des défis logistiques majeurs qui ont fait l'objet de nombreuses études scientifiques par le passé. Cette immersion dans la littérature académique nous permet d'appréhender le *Vehicle Routing Problem* (VRP) non plus comme une simple équation mathématique, mais comme un levier stratégique pour améliorer la performance opérationnelle. Nous portons une attention particulière au contexte spécifique de la SARL DRACO, qui exerce ses activités au cœur d'Alger, un environnement urbain extrêmement chargé, caractérisé par une forte densité démographique et des contraintes de circulation qui compliquent quotidiennement la distribution. En croisant cette réalité locale avec les évolutions technologiques actuelles, nous introduisons la notion de "Distribution 4.0" en examinant l'apport des outils de planification intelligente qui transforment la logistique statique en une gestion dynamique et réactive, capable d'intégrer l'aléa. Ce chapitre vise ainsi à construire une grille de lecture conceptuelle solide, permettant au lecteur de saisir la portée de notre travail et les enjeux technico-économiques de notre problématique avant que nous n'entamions l'analyse empirique de nos résultats.

Section 01: Revue de la littérature

Cette section est dédiée à l'exploration des fondements théoriques et opérationnels qui structurent l'optimisation des tournées de livraison. Dans un premier temps, nous analysons les enjeux critiques du transport de marchandises en milieu urbain, un domaine où la densité et la volatilité des flux imposent des défis logistiques sans précédent.

Par la suite, nous procédons à une définition formelle du Vehicle Routing Problem (VRP). Au-delà d'un simple exercice mathématique, le VRP est ici présenté comme un modèle complexe de gestion de contraintes (capacité, temps, ressources). Enfin, nous démontrons comment l'émergence des outils de planification intelligente ne se contente pas d'apporter une réponse algorithmique, mais propose une véritable mutation technologique. Ces outils permettent de passer d'une planification statique et subie à une gestion dynamique et proactive, capable d'intégrer l'aléa en temps réel pour optimiser la performance globale de la chaîne de distribution..

1.1. Les tournées de livraison dans la chaîne logistique urbaine

L'essor fulgurant du commerce électronique et les nouvelles exigences des consommateurs ont profondément transformé la chaîne logistique urbaine. La livraison du « dernier kilomètre» (*last-mile delivery*) représente l'étape finale, mais paradoxalement la plus complexe de la chaîne d'approvisionnement.

Tout d'abord, (Dablanc, 2007)souligne que le transport de marchandises en ville est soumis à une forte complexité spatiale et réglementaire. Les livreurs doivent évoluer dans un environnement urbain caractérisé par la congestion routière, les restrictions de circulation et la rareté des zones de stationnement, ce qui complique considérablement l'organisation des tournées.

Dans la même perspective, les travaux de (AI CHAMI, 2008)confirment que la logistique urbaine se distingue par la multiplicité des acteurs (chargeurs, transporteurs, clients, autorités publiques) ayant des objectifs souvent divergents: minimisation des coûts, amélioration du service client et réduction de l'impact environnemental. Cette complexité rend la planification des tournées encore plus critique.

De plus, cette étape représente un coût très important dans la chaîne logistique. Selon (Gevaers, 2011), la livraison du dernier kilomètre peut atteindre jusqu'à 28 % du coût total de transport. Ce coût élevé s'explique notamment par la dispersion géographique des clients, la fragmentation des livraisons et les échecs de livraison.

Par ailleurs, la variabilité du trafic urbain constitue une contrainte majeure. Comme le montrent les travaux de (Rifki, 2019), les temps de trajet dépendent fortement de l'heure de la journée, ce qui rend les modèles classiques (temps fixes) peu réalistes. Cela a conduit à l'émergence de modèles dépendants du temps (*Time-Dependent Routing Problems*).

L'analyse de la littérature académique s'enrichit considérablement par l'étude des contextes urbains spécifiques, notamment ceux des grandes métropoles en développement comme Alger. Comme le souligne l'étude de (KEBIR, S.D).la livraison de marchandises en milieu urbain est une activité vitale mais paradoxale: bien qu'essentielle pour l'économie locale et les résidents, elle est souvent perçue comme une nuisance majeure plutôt que comme un service. Dans ces environnements, la planification des tournées se heurte à des obstacles structurels profonds, tels que l'absence de coordination entre les différents acteurs, une réglementation de la circulation fragmentée et un manque criant d'infrastructures de stationnement dédiées.

Cette complexité est accentuée par la congestion chronique et l'inadéquation entre la taille

des véhicules de livraison et la morphologie des tissus urbains anciens. L'étude démontre que sans une intégration de la logistique dans la planification globale de la circulation, les outils d'optimisation, aussi intelligents soient-ils, voient leur efficacité limitée par des réalités de terrain telles que l'occupation illicite de l'espace public pour le déchargement.

Ainsi, la planification intelligente doit non seulement répondre à un défi algorithmique, mais aussi s'adapter à une gouvernance urbaine qui nécessite une meilleure compréhension du rôle de liaison de la logistique à tous les niveaux décisionnels.

Enfin, (Savelsbergh M. &, 2016) mettent en évidence un paradoxe fondamental: les consommateurs exigent des livraisons rapides, flexibles et personnalisées, tandis que les villes cherchent à réduire la congestion et la pollution. L'optimisation des tournées apparaît donc comme une solution indispensable pour concilier performance économique et durabilité environnementale.

1.2. Les problématiques du Vehicle Routing Problem (VRP)

Le socle théorique du Vehicle Routing Problem (VRP) repose sur une modélisation rigoureuse issue de la théorie des graphes, comme le précise l'étude de (Kouider, 2020). Le problème est formellement défini par un graphe $G = (V, A)$, où V représente l'ensemble des sommets incluant le dépôt (point central de départ et de retour) et les clients à visiter, tandis que A désigne l'ensemble des arcs reliant ces points. Chaque arc est associé à un poids représentant un coût (distance ou temps). L'enjeu fondamental, qui distingue le VRP du problème du voyageur de commerce (TSP), réside dans la gestion d'une flotte de véhicules devant satisfaire des contraintes strictes: chaque client doit être visité exactement une fois, chaque véhicule ne peut effectuer qu'une seule tournée, et toutes les demandes doivent être honorées dans le respect des capacités de charge ou des limites de temps imparties.

Pour répondre à ces défis opérationnels, la recherche en logistique s'appuie sur un modèle mathématique fondamental: le *Vehicle Routing Problem (VRP)*.

Historiquement, ce problème a été introduit par (Dantzig G. B., 1954), qui ont étudié l'optimisation des tournées de livraison de carburant. Leur objectif était de minimiser le coût total de transport,

Par ailleurs, l'analyse menée par (Symphonia, 2024) souligne que cette définition du VRP, bien que standardisée depuis les travaux de (Dantzig G. B., 1959), reste une source de complexité sémantique et opérationnelle dans la littérature. En tant qu'extension du TSP, le VRP appartient à la classe des problèmes NP-complets, ce qui justifie l'utilisation de fonctions objectifs prédéfinies pour évaluer la qualité des itinéraires. L'intelligence de la

planification moderne, telle qu'appliquée aux outils de "Control Tower", consiste à traduire ces notations mathématiques en leviers de décision concrets. Comme l'indique la recherche, la confusion terminologique entourant parfois le sigle VRP s'explique par la diversité des contraintes additionnelles (fenêtres de temps, multi-dépôts, motorisations électriques) qui transforment un modèle théorique en une solution industrielle agile capable de minimiser le coût global de transport tout en maximisant la qualité de service.

Par la suite, (Clarke, 1964) ont proposé l'algorithme des économies (*Savings Algorithm*), qui constitue l'une des premières heuristiques efficaces pour résoudre le VRP. Cette méthode repose sur le regroupement des clients en tournées optimisées en maximisant les économies de distance.

Le VRP est une généralisation du problème du voyageur de commerce (*TSP*), mais avec plusieurs véhicules et des contraintes supplémentaires. Comme le souligne, ces contraintes incluent notamment :

- La capacité des véhicules,
- Les fenêtres de temps,
- Les contraintes de livraison et de collecte,
- Les contraintes multi-périodes.

Dans un contexte urbain, ces contraintes deviennent encore plus complexes en raison des conditions de circulation dynamiques. Par exemple, le modèle TD-TSP présenté dans intègre la dépendance du temps dans les coûts de déplacement, rendant la modélisation plus réaliste. Face à ces limitations, plusieurs variantes du VRP ont été développées. Parmi les plus importantes :

- Le VRP avec fenêtres de temps (VRPTW),
- Le *Pickup and Delivery Problem* (PDP),
- Le VRP dépendant du temps (TD-VRP),
- Le VRP multi-objectifs.

Les travaux proposent notamment des variantes avancées du PDP adaptées à la logistique urbaine, intégrant des contraintes de temps et de planification multi-périodes.

Cependant, comme le souligne Laporte (Laporte, 1992), le VRP est un problème NP-difficile, ce qui signifie que le temps de calcul augmente exponentiellement avec la taille du problème. Pour cette raison, les méthodes de résolution se divisent en :

- Méthodes exactes (Branch & Bound, programmation linéaire),
- Heuristiques (Clarke & Wright, insertion),
- Métaheuristiques (algorithmes génétiques, recherche tabou, VNS).

1.3. La planification intelligente comme levier d'optimisation

Étant donné la complexité du VRP, la planification intelligente assistée par ordinateur est devenue indispensable.

Dans un premier temps, les métaheuristiques jouent un rôle central. Comme le montrent (Cordeau, 2005), ces méthodes permettent d'obtenir rapidement des solutions de haute qualité, même pour des problèmes de grande taille, contrairement aux méthodes exactes.

Ensuite, l'évolution vers une logistique dynamique a profondément transformé la planification. (Pillac, 2013) distinguent :

- la planification statique (avant exécution),
- la planification dynamique (en temps réel).

Cette dernière permet d'adapter les tournées en fonction des événements imprévus (trafic, nouvelles commandes).

Dans ce cadre, les données jouent un rôle fondamental. Les travaux montrent que la précision des données spatio-temporelles influence directement la qualité des solutions. Plus les données sont fines, plus les tournées sont optimisées. De plus, la collaboration entre acteurs logistiques constitue un levier majeur d'optimisation. Selon, la mutualisation des flux permet d'améliorer le taux de remplissage des véhicules et de réduire les coûts de transport.

Au-delà des modèles mathématiques purs, la littérature professionnelle et technique (Symphonia, 2024) souligne que l'optimisation des tournées moderne repose sur une visibilité de bout en bout, souvent matérialisée par des "Tours de Contrôle" logistiques. L'enjeu n'est plus seulement de calculer un itinéraire, mais d'automatiser la prise de décision pour absorber la complexité croissante des flux. L'optimisation intelligente permet notamment de réduire les distances parcourues de 20% à 30%, tout en améliorant le taux de remplissage des véhicules. Cette approche logicielle transforme la planification d'une tâche administrative chronophage en un levier stratégique de rentabilité, permettant aux exploitants de se concentrer sur la gestion des aléas plutôt que sur la saisie manuelle des trajets.

L'optimisation des tournées ne repose pas uniquement sur la puissance de calcul, mais sur la capacité des outils de planification à servir de systèmes d'aide à la décision (SIAD). Cette

section analyse l'évolution de ces outils, de leur intégration logicielle à leur rôle dans la gestion de la complexité opérationnelle.

L'outil de planification intelligent se définit avant tout comme un Système d'Aide à la Décision Spatiale. Selon les travaux de (Bortfeldt, 2015) l'efficacité d'un outil ne réside pas seulement dans son algorithme, mais dans son intégration avec les Systèmes d'Information Géographique (SIG). L'outil doit être capable de manipuler des couches de données complexes: restrictions de circulation, zones de livraison urbaine et points de recharge. La planification intelligente devient alors une interface entre le décideur humain et la base de données géographique, permettant de visualiser les tournées avant leur exécution.

La structure interne des outils de planification a radicalement évolué avec le Cloud et le mode SaaS (Software as a Service). La thèse de (Zidi, 2015) sur les systèmes de transport intelligents montre que les outils modernes reposent sur une architecture distribuée. L'outil de planification n'est plus un logiciel isolé sur un ordinateur, mais un écosystème connecté qui reçoit des flux de données en temps réel. Cette architecture permet à l'outil de recalculer les plans de transport de manière transparente, sans interrompre le travail des gestionnaires de transport, assurant ainsi une continuité de service entre le dépôt et les chauffeurs.

Un aspect souvent négligé dans la littérature purement mathématique, mais central dans les thèses de génie industriel comme celle de (Rancourt, 2011) est l'interaction entre l'outil et le planificateur. Un outil de planification "intelligent" doit offrir une flexibilité permettant à l'expert métier d'ajuster manuellement les solutions proposées par l'algorithme. Cette approche, appelée "Human-in-the-loop", considère l'outil comme un assistant qui propose des scénarios optimisés, tout en laissant au gestionnaire la possibilité d'intégrer des contraintes non modélisables (préférences clients, expérience du chauffeur).

L'adoption d'un outil de planification intelligent répond à un impératif de performance globale. L'article de (Desaulniers, 2014) sur les systèmes de planification de flotte souligne que l'intelligence de l'outil se mesure à sa capacité à gérer simultanément des objectifs contradictoires: minimisation des coûts, maximisation du taux de service et équité entre les chauffeurs. Les outils les plus avancés intègrent des tableaux de bord de simulation (Digital Twins) permettant de tester l'impact d'une modification de stratégie (ex: changement de la

taille de la flotte) avant sa mise en œuvre réelle.

Enfin, l'intelligence d'un outil de planification réside dans sa capacité à communiquer avec le reste de l'entreprise. Comme le soulignent (Gupta, 2020), un outil de planification isolé perd 50% de sa valeur. L'enjeu actuel des outils intelligents est l'interopérabilité avec les systèmes ERP (*Enterprise Resource Planning*) et TMS (*Transport Management System*). Cette synchronisation automatique des commandes et des stocks permet à l'outil de planification de fonctionner en flux tendu, réduisant ainsi les délais de préparation et de mise en route des tournées.

Tableau 1 Synthèse de la revue de littérature

Catégorie	Auteur(s)	Année	Objectif de l'étude	Résultats principaux
Tournées de livraison	Dablanc	2007	Analyser les contraintes du transport urbain	Congestion, contraintes réglementaires, manque d'infrastructures
	Chami	2018	Étudier la logistique urbaine	Multiplicité des acteurs, objectifs divergents
	Gevaers et al.	2011	Évaluer le coût du dernier kilomètre	Jusqu'à 28% du coût total
	Rifki et al.	2019	Analyser l'impact des temps du	Variabilité des temps → modèles dynamiques
	Kebir	-	Étude du cas d'Alger	Problèmes structurels et congestion
			Organisation des flux urbains	Difficulté d'intégration logistique

	Libeskind	2015		
	Savelsbergh & Van Woensel	2016	Défis logistiques urbains	Conflit rapidité vs durabilité
VRP	Dantzig & Ramser	1959	Introduction du VRP	Modélisation mathématique
	Clarke & Wright	1964	Algorithme heuristique	Méthode des économies
	Kouider	2020	Modélisation par graphes	Structure $G(V,A)$
	Symphonia	2024	Application moderne	Décision
			VRP	opérationnelle
	Solomon	1987	VRP avec fenêtres de temps	VRPTW
	Laporte	1992	Complexité du VRP	Problème NP-difficile
	Rifki et al.	2019	VRP dynamique	Modèles TD-VRP
Planification intelligente	Cordeau et al.	2002	Métaheuristiques	Solutions rapides et efficaces
	Pillac et al.	2013	VRP dynamique	Adaptation en temps réel
	Symphonia	2024	Optimisation intelligente	Réduction 20–30% distance
	Bortfeldt et al.	2015	SIG et planification	Importance données géographiques
	Zidi	2015	Transport intelligent	Architecture cloud
	Rancourt	2011	Interaction humain-système	Human-in-the-loop

	Desaulniers et al.	2014	Gestion de flotte	Optimisation multi- objectifs
	Gupta et al.	2020	Interopérabilité systèmes	Intégration ERP/TMS

Source: Élaboré par nos soins

L'analyse de la littérature permet de structurer la réflexion autour de trois axes principaux liés à la problématique de l'optimisation des tournées de livraison: la logistique urbaine, les modèles de type VRP (Vehicle Routing Problem) et la planification intelligente des tournées. Dans un premier temps, les travaux portant sur la logistique urbaine (Dablanc, 2007; Chami, 2018; Gevaers et al., 2011; Savelsbergh & Van Woensel, 2016) mettent en évidence la complexité croissante des environnements urbains. Ces études soulignent des contraintes majeures telles que la congestion, la multiplicité des acteurs, les limitations réglementaires ainsi que le poids élevé du dernier kilomètre dans le coût total de la distribution. Cette littérature montre clairement que la performance logistique en milieu urbain dépend fortement de la capacité à gérer des contraintes externes difficiles à maîtriser.

Dans un second temps, les recherches sur le VRP (Vehicle Routing Problem) constituent le socle théorique de l'optimisation des tournées. Depuis les travaux fondateurs de Dantzig et Ramser (1959) jusqu'aux modèles plus récents (Solomon, 1987; Laporte, 1992; Rifki et al., 2019), le VRP est identifié comme un problème combinatoire complexe, classé NP-difficile, nécessitant des approches heuristiques et dynamiques. Les évolutions de ce domaine ont permis d'intégrer des contraintes réalistes telles que les fenêtres de temps, la variabilité des durées de trajet et la dynamique des demandes, rendant les modèles plus proches des situations réelles.

Enfin, la littérature récente sur la planification intelligente des tournées (Cordeau et al., 2002; Pillac et al., 2013; Desaulniers et al., 2014; Gupta et al., 2020) met en avant l'apport des technologies avancées telles que les métaheuristiques, les systèmes d'information géographique (SIG), le cloud computing et les systèmes intégrés ERP/TMS. Ces travaux démontrent que l'intégration de solutions intelligentes permet d'améliorer significativement la performance logistique, notamment en réduisant les distances parcourues, les coûts opérationnels et les délais de livraison.

Ainsi, la revue de littérature met en évidence une évolution progressive: d'une logistique urbaine contrainte, vers des modèles mathématiques d'optimisation, puis vers des systèmes intelligents capables de s'adapter en temps réel.

Section 2: Cadre conceptuel

Dans cette section, nous allons présenter les principaux concepts théoriques nécessaires à la compréhension de l'optimisation des tournées de livraison. Dans un contexte marqué par la complexité croissante de la logistique urbaine, il devient essentiel de structurer les connaissances liées aux tournées, aux problèmes de routage et aux outils de planification afin d'analyser efficacement la performance logistique.

Dans un premier temps, nous aborderons la notion de tournées de livraison, en mettant en évidence leurs objectifs, leurs indicateurs de performance ainsi que les contraintes spécifiques du milieu urbain. Dans un deuxième temps, nous analyserons les problèmes de routage, notamment le problème du voyageur de commerce (TSP) et le problème de tournées de véhicules (VRP), ainsi que leurs principales variantes et méthodes de résolution.

Ensuite, nous nous intéresserons à la planification intelligente, en mettant en évidence les différences avec la planification classique et le rôle des technologies dans l'intégration des données en temps réel. Enfin, nous examinerons l'apport des outils de planification intelligente dans l'optimisation des tournées de livraison, en insistant sur leur impact sur la performance logistique.

L'objectif de cette section est de fournir un cadre conceptuel solide permettant d'interpréter les résultats de l'étude empirique et de mieux comprendre les mécanismes d'optimisation des tournées dans un environnement urbain.

2.1. Les tournées de livraison

La gestion des tournées de livraison s'inscrit au cœur de la logistique de distribution. Elle représente l'organisation physique du mouvement des marchandises visant à assurer le lien entre les points de stockage et les points de consommation finale.

2.1.1. Définition des tournées de livraison

La tournée de livraison ne peut être réduite à un simple déplacement physique; elle constitue l'unité élémentaire de la performance au sein de la chaîne logistique. Fondamentalement, elle se définit comme un itinéraire planifié amorcé depuis un dépôt central, incluant une séquence de visites auprès d'un ensemble de clients géographiquement dispersés pour satisfaire des demandes spécifiques, avant de revenir à son point d'origine. Selon (Crainic, Tournée comme unité de performance opérationnelle intégrant dimensions spatiales et temporelles, 2000), la tournée est l'unité de base de la performance opérationnelle, intégrant des dimensions spatiales et temporelles critiques. Elle n'est pas un simple trajet, mais une succession de décisions logistiques interdépendantes où chaque segment influe sur la

viabilité de l'ensemble.

D'un point de vue structurel, (Kouider O. , 2018) modélise mathématiquement la tournée par un graphe $G = (V, A)$, où chaque client représente un nœud à desservir exactement une fois. Cette approche formelle permet d'identifier les variables de décision nécessaires à l'optimisation. Cette vision est complétée par (Lumbroso, 2015) qui définit la tournée comme un système de contraintes interdépendantes (capacité, temps, ressources). Pour cet auteur, la gestion d'une tournée est avant tout un arbitrage entre la saturation de la capacité du véhicule et le respect des engagements de service.

L'évolution technologique a cependant transformé cette définition classique. Pour (Taki, 2017), la tournée moderne n'est plus un tracé statique mais un flux dynamique d'informations et de produits, dont la valeur réside dans la réactivité face aux aléas du terrain. Parallèlement, (Morana, 2014) insiste sur le fait qu'une tournée est désormais un levier de développement durable, intégrant des critères environnementaux (émissions de CO₂, nuisances sonores) en plus des traditionnels critères économiques de rentabilité.

Pour approfondir cette définition, (Savelsbergh M. W., 1995) ajoutent que la tournée est un problème de « planification de ressources », où le véhicule, le chauffeur et le temps sont des actifs limités qu'il faut allouer avec une précision chirurgicale. À cette dimension s'ajoute celle de la complexité sémantique soulignée par (Bartholdi, 2011), qui définissent la tournée comme une promesse de service: la réussite d'une tournée ne se mesure pas seulement à la distance parcourue, mais à la conformité de la livraison par rapport à la commande initiale.

Dans une perspective industrielle, (Pohl, 2007) décrivent la tournée comme une structure « Multi-niveaux » où s'imbriquent la préparation de commande (en amont) et la remise physique (en aval). Cette vision est renforcée par (Lambert, 1998) qui voient dans la tournée le point de contact ultime de la relation client, transformant le chauffeur-livreur en un ambassadeur de la marque. Enfin, (Golden, 2008) précisent que la tournée est un "système vivant", sujet à des contraintes dynamiques (trafic, annulations, urgences) qui imposent une redéfinition constante de l'itinéraire, faisant de la planification intelligente l'outil indispensable de sa réalisation.

2.1.2 Objectifs et enjeux des tournées en milieu urbain

Livrer en ville est un défi: il faut faire circuler des marchandises là où l'espace est saturé. L'analyse montre une tension entre le besoin de livrer vite et les obstacles physiques de la ville.

A.L'objectif économique: Faire plus avec moins

Le but principal est de satisfaire le client en utilisant le moins de camions et de carburant possible.

- **Transformer la nuisance en service:** Comme le dit (KEBIR, S.D), la tournée ne doit plus être vue comme un camion qui gêne (pollution, bouchons), mais comme un service fluide indispensable à la ville.
- **Maximiser l'utilisation des camions:** Pour (Toth, 2014), un camion qui roule à moitié vide ou qui revient sans marchandise est une perte d'argent. Il faut remplir chaque véhicule au maximum de sa capacité.
- **Réduire les moyens mobilisés:** L'étude de (Bouregba, 2021) montre que l'objectif est de diminuer le nombre de camions envoyés sur les routes tout en livrant la même quantité de produits, en respectant les limites de poids.
- B.L'enjeu stratégique: Gérer le désordre et l'urgence

En ville, rien ne se passe jamais comme prévu. Les entreprises doivent être capables de s'adapter.

- **Réagir en temps réel:** Selon (Psaraftis, 2016), la planification ne doit plus être figée. Il faut être capable de changer d'itinéraire instantanément face à un embouteillage ou un imprévu.
- **Gérer le temps et l'espace:** (Ouaddi, 2015) explique que l'enjeu est de faire faire plusieurs "rotations" (allers-retours) au même camion dans la journée pour rentabiliser le matériel.
- **La guerre du stationnement:** Comme la note (KEBIR, S.D), le manque de places de livraison à Alger crée des conflits. Bien planifier, c'est savoir où et quand s'arrêter pour ne pas bloquer la rue.

C. L'enjeu de durabilité: Livrer "propre" et à l'heure

Aujourd'hui, l'efficacité ne suffit plus; il faut aussi respecter l'environnement et les règles de la cité.

- **Réduire la pollution:** (Dablanc, 2007) souligne que l'enjeu est de concilier le profit avec les lois anti-pollution et les zones interdites aux gros camions.
- **La ponctualité chirurgicale:** Pour (Khelfa, 2019) l'enjeu majeur est le respect des **fenêtres de temps** (livrer entre 08h et 09h pile, par exemple). Si le camion arrive trop tard, le client refuse la marchandise.
- **Protéger le produit:** Pour une grande entreprise, la tournée est le garant de la qualité (respect de la chaîne du froid, produits non abîmés). C'est le dernier maillon de la promesse faite au client.

2.1.3 Indicateurs de performance (coût, distance, délai, taux de remplissage)

L'évaluation de l'efficacité d'une tournée repose sur des indicateurs de performance précis qui permettent d'arbitrer entre la rentabilité économique et la qualité de service.

A. Le coût global et la distance totale

Le coût global et la distance totale sont les indicateurs primaires définis par (Lenstra, 1981) pour évaluer la complexité algorithmique et l'efficacité d'un plan de transport. La distance n'est pas seulement une valeur kilométrique, mais le moteur principal des charges variables (carburant, usure, maintenance). Dans le contexte industriel de Cevital, l'étude de Bouregba et al. (2021) démontre que la minimisation de la distance parcourue par la flotte de Numilog est l'objectif prioritaire pour optimiser le plan de distribution entre l'unité de Béjaïa et les centres régionaux comme Alger ou Blida.

B. Le délai de livraison (Lead Time)

Le délai de livraison, ou *Lead Time*, représente la réactivité de la chaîne logistique. Selon Khelfa (2019), cet indicateur est critique dans les problèmes de tournées avec fenêtres de temps (VRPTW). Il mesure la capacité de l'entreprise à respecter les engagements horaires pris auprès des clients. Un délai maîtrisé est synonyme de fiabilité, tandis que tout retard impacte non seulement la satisfaction client, mais peut également désorganiser les tournées suivantes par un effet de cascade.

C. Le taux de remplissage des véhicules

Le taux de remplissage est analysé par (HajRachid, 2010) comme un facteur de rentabilité industrielle directe. Cet indicateur mesure l'utilisation de la capacité (poids ou volume) du véhicule par rapport à sa capacité maximale. Un faible taux de remplissage indique une sous-utilisation des ressources et augmente le coût unitaire par colis livré. Pour une structure comme Cevital, maximiser le remplissage des camions transportant l'huile Elio est essentiel pour diluer les coûts de transport sur de gros volumes.

D. La fiabilité de la tournée

Ajoutent à ces indicateurs la fiabilité de la tournée, mesurée par l'écart entre le planifié et le réalisé. Cet indicateur permet d'évaluer la pertinence de l'outil de planification face à la réalité du terrain. Une tournée fiable est une tournée où l'itinéraire et les horaires prévus sont respectés malgré les aléas. Comme le note (KEBIR, S.D), en milieu urbain dense comme à Alger, la fiabilité est l'indicateur le plus difficile à maintenir à cause de l'absence de coordination et de la congestion imprévisible.

E. La productivité de la flotte

Desaulniers et al. (2014) soulignent l'importance de l'indicateur de productivité de la flotte. Cet indicateur vise à maximiser le nombre de livraisons effectuées par véhicule et par heure. Il ne s'agit plus seulement de rouler moins (distance), mais de livrer plus dans un temps donné. Cela impose une optimisation des temps d'arrêt et une gestion fine de la vitesse commerciale. La productivité est étroitement liée à la gestion de la flexibilité et du multi-tour évoquée par Ouaddi (2015).

F. La consommation énergétique et l'empreinte carbone

Bien que plus récent, l'indicateur de performance environnementale devient incontournable. En s'appuyant sur les travaux de Morana (2014) et de Dablanc (2007), on mesure désormais le coût écologique de la tournée (émissions de CO₂ par kilomètre ou par tonne transportée). Pour les entreprises opérant en milieu urbain, cet indicateur permet d'anticiper les réglementations sur les zones à faibles émissions et de valoriser une image de marque éco-responsable.

La logistique urbaine impose des barrières opérationnelles uniques qui transforment la planification des tournées en un véritable défi de gestion sous contraintes, où chaque décision doit arbitrer entre fluidité et rigidité structurelle. La contrainte la plus prégnante, telle qu'identifiée par Kebir (s.d.) dans son étude sur la ville d'Alger, réside dans la congestion chronique du trafic et le manque criant d'aires de stationnement dédiées. Cette saturation de l'espace public réduit considérablement la vitesse commerciale des véhicules et rend les temps de trajet totalement imprévisibles, forçant souvent les opérateurs à des arrêts illégaux qui aggravent en retour l'encombrement urbain. À cette pression physique s'ajoute la contrainte de service des fenêtres de temps (Time Windows), que Khelfa (2019) considère comme la plus restrictive. Elle impose aux transporteurs de livrer des marchandises dans des créneaux horaires extrêmement serrés, transformant la tournée en un puzzle temporel où la moindre

minute de retard peut entraîner un refus de livraison et une désorganisation en cascade de l'ensemble de la flotte.

Parallèlement, les entreprises doivent composer avec une contrainte de capacité limitée face à une demande de plus en plus volatile. Comme le souligne Ouaddi (2015), l'utilisation de véhicules de petit gabarit pour naviguer dans les rues étroites limite le volume emporté, créant une tension constante entre la charge utile et le nombre de points de vente à servir. Cette réalité est particulièrement visible dans le secteur agro-alimentaire algérien: l'étude de

Bouregba et al. (2021) sur le cas Cevital montre que la filiale Numilog doit optimiser chaque mètre cube de ses camions pour acheminer l'huile Elio de Béjaïa vers Alger ou Blida sans multiplier inutilement les rotations. Cette gestion capacitaire est indissociable des réglementations municipales analysées par Crainic (2008), qui imposent des zones à accès restreint et des horaires de livraison décalés, agissant comme des barrières structurelles lourdes qui fragmentent les périodes de livraison autorisées.

Enfin, l'émergence de la logistique durable introduit de nouvelles limites physiques liées à l'autonomie énergétique. Montoya (2016) explique que l'intégration de véhicules électriques redéfinit le périmètre des tournées, car le planificateur doit désormais inclure le niveau de charge des batteries et la disponibilité des bornes comme des variables critiques de survie du plan de transport. Cette contrainte énergétique, couplée à la nature spécifique des marchandises — dont la fragilité ou la périssabilité exigent des équipements de maintien de température — renforce la complexité du problème. Comme le rappelle (HajRachid, 2010), la classification des contraintes (poids, volume, accès, énergie) est une étape préalable indispensable, car sans une compréhension fine de ces barrières, l'outil de planification ne peut garantir ni la sécurité du produit ni l'efficacité économique requise par les acteurs industriels tels que Cevital ou Numilog. En somme, la logistique urbaine se définit par cette lutte constante contre l'espace saturé, le temps compté et la norme réglementaire.

2.1. Les problèmes de routage (Routing)

Le routage ou l'ordonnancement des transports constitue le cœur algorithmique de la logistique de distribution. Il s'agit de déterminer l'organisation optimale des flux pour minimiser les ressources tout en respectant un ensemble de contraintes métiers de plus en plus complexes.

2.1.1. Le problème du voyageur de commerce (TSP)

Le Problème du Voyageur de Commerce, plus connu sous l'acronyme anglais TSP (Traveling Salesman Problem), représente la forme la plus élémentaire, mais aussi la plus emblématique, des problèmes de routage. Dans son essence, il pose une question d'une apparente simplicité: étant donné une liste de villes et les distances qui les séparent, quel est l'itinéraire le plus court qui permet de visiter chaque ville exactement une fois et de revenir au point de départ ? Mathématiquement, cela revient à identifier le cycle hamiltonien de poids minimum dans un graphe complet. Selon les travaux fondateurs de (Dantzig G. B., 1954), ce problème appartient à la classe de complexité des problèmes NP-difficiles. Cela signifie qu'il n'existe pas d'algorithme capable de trouver la solution optimale en un temps

"raisonnable" dès que le nombre de nœuds devient important, car le nombre de combinaisons possibles explose de manière factorielle ($n!$).

Au-delà de l'abstraction mathématique, (HajRachid, 2010) souligne que le TSP constitue le socle théorique indispensable à toute planification industrielle, car il modélise la recherche d'une efficacité pure en éliminant tout kilométrage superflu. Cette vision est complétée par Godart (2020), qui rappelle que le TSP est le cas particulier du problème de tournées de véhicules (VRP) où la flotte est réduite à un seul véhicule sans contrainte de capacité. Pour (AI CHAMI, 2008) la maîtrise du TSP est un prérequis en distribution urbaine, car il permet de comprendre les mécanismes fondamentaux d'agencement des arrêts avant d'y intégrer des contraintes collaboratives ou environnementales. (Lenstra, 1981) précisent à cet égard que la résolution du TSP est le point de départ systématique de toute démarche d'optimisation de tournée complexe, tandis que (Applegate, 2006) démontrent que même une réduction minime de l'itinéraire engendre des économies massives de carburant et de temps.

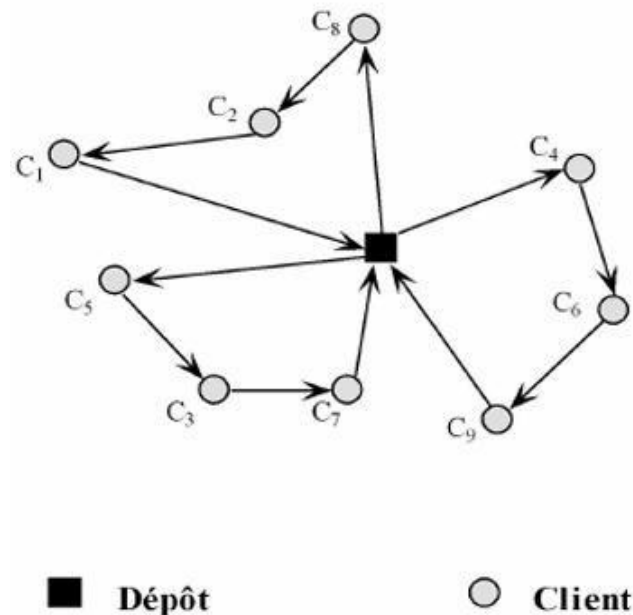
Dans la réalité logistique moderne, l'importance du TSP est capitale. Ce lien entre théorie et pratique est parfaitement illustré dans le contexte algérien par l'étude de (Bouregba, 2021) sur l'entreprise Cevital. Pour la filiale Numilog, le TSP est l'ancêtre direct de l'algorithme du plus court chemin utilisé pour livrer l'huile Elio: il s'agit de s'assurer que le chauffeur, une fois chargé à Béjaïa ou Bouira, suive l'ordre de visite le plus logique pour minimiser le temps de trajet vers les différents centres de distribution régionaux. Enfin, le TSP demeure, selon Gutin et Punnen (2007) et Lawler et al. (1985), le « laboratoire » idéal pour tester la performance des nouveaux algorithmes. (HajRachid, 2010) et Godart (2020) s'accordent sur le fait que le TSP sert de modèle de référence pour calibrer les opérateurs évolutionnaires (croisement, mutation) avant de les appliquer à des réseaux de transport plus vastes et plus contraignants, faisant de ce vieux problème mathématique un pilier technologique de la logistique du XXI^e siècle.

2.1.2. Le problème de tournées de véhicules (VRP)

Le Problème de Tournées de Véhicules (VRP) constitue l'extension naturelle du TSP au contexte d'une flotte de véhicules. Contrairement au TSP qui ne gère qu'un seul circuit, le VRP doit partitionner l'ensemble des clients entre plusieurs véhicules, tout en optimisant l'ordre de passage pour chacun. Introduit initialement par Dantzig et Ramser (1959) sous le concept de « Truck Dispatching », le VRP vise à minimiser la distance totale parcourue ou le nombre de véhicules mobilisés pour satisfaire une demande globale. Toth et Vigo (2014) définissent ce problème comme l'un des plus étudiés de la recherche opérationnelle, car il exige d'arbitrer simultanément deux décisions complexes: l'affectation des clients aux

véhicules et l'ordonnancement séquentiel des visites au sein de chaque itinéraire.

Figure 1 Exemple de solution du VRP

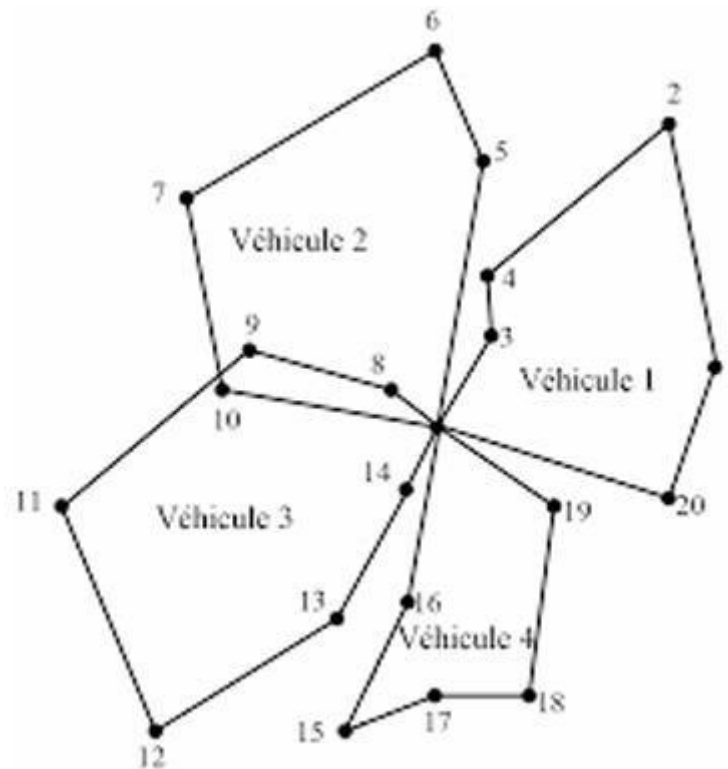


Source: établis par nous-mêmes

Dans ses travaux de thèse, (HajRachid, 2010) présente le VRP comme l'outil par excellence de la planification industrielle. Elle insiste sur le fait que le VRP n'est pas un modèle figé, mais une structure adaptable capable de transformer des contraintes logistiques lourdes en avantages compétitifs. En classifiant les variantes du VRP, elle démontre que l'enjeu industriel réside dans le choix d'opérateurs évolutionnaires capables de gérer des problèmes de grande taille tout en respectant les capacités de charge des véhicules. Selon elle, une bonne notation des variantes du VRP est le premier pas vers une résolution algorithmique efficace dans un milieu de production.

Godart (2020) enrichit cette définition en introduisant la notion de VRP avec transferts. Dans sa thèse, il explique que le VRP traditionnel peut être transcendé par des modèles où les marchandises ne restent pas dans le même véhicule du départ à l'arrivée. Ce type de VRP est particulièrement utile dans la logistique de collecte et livraison (Pickup and Delivery) où des points de rendez-vous permettent de croiser les flux entre véhicules. Pour Godart, l'optimisation ne s'arrête plus à la route, mais englobe la coordination temporelle entre les unités de transport pour maximiser la flexibilité du réseau.

Figure 2 Un exemple de problème de VRP 20 clients résolu avec 4 véhicules



Source: établis par nous-mêmes

De son côté, Al Chami (2018) analyse le VRP sous le prisme de la distribution urbaine collaborative. Il démontre que les types de VRP évoluent vers des modèles où les données sont partagées entre plusieurs acteurs. Dans ce contexte, l'enjeu n'est plus seulement de minimiser sa propre distance, mais d'optimiser l'occupation de l'espace urbain. Il souligne que le VRP collaboratif permet de réduire le nombre de véhicules entrant en centre-ville, répondant ainsi aux contraintes de congestion et de pollution tout en maintenant un niveau de service élevé.

L'application pratique de ces modèles est détaillée par l'étude de Bouregba et al. (2021) sur l'entreprise Cevital. À travers la filiale Numilog, le VRP devient un instrument de gestion quotidienne pour la distribution de l'huile Elio. L'étude montre que l'enjeu est de minimiser le nombre de véhicules partant de la plateforme de Bouira pour alimenter les centres régionaux d'Alger, Blida et Médéa. En appliquant des principes de VRP capacitaire (CVRP), l'entreprise assure que chaque camion est utilisé à son plein potentiel (24 tonnes par véhicule), évitant ainsi les coûts inutiles de transport de "vide" et optimisant le plan de distribution national.

Enfin, la littérature internationale complète cette vision systémique. Golden et al. (2008)

expliquent que l'essor du e-commerce a rendu le VRP indispensable pour la gestion du "dernier kilomètre", tandis que Crainic (2000) souligne son rôle crucial dans la régulation des réseaux de transport urbain complexes. Pisinger et Ropke (2007) ajoutent que la diversité des contextes a forcé le VRP à devenir "riche", intégrant des contraintes de temps, de carburant et de personnel. Pour Laporte (2009), le VRP est le maillon final qui relie la stratégie globale de l'entreprise à la réalité physique du terrain, offrant une vision cohérente et mathématiquement prouvée de la performance logistique.

2.1.3. Les variantes du VRP (capacité, dynamique, fenêtres temporelles, multi-dépôts)

La transition du modèle théorique vers l'application industrielle exige une adaptation aux spécificités du terrain. Comme le souligne (HajRachid, 2010) la classification précise de ces variantes est une étape primordiale, car elle conditionne le choix de l'algorithme et des opérateurs évolutionnaires les plus performants pour résoudre le problème.

A. Le VRP Capacitaire (CVRP - Capacitated VRP)

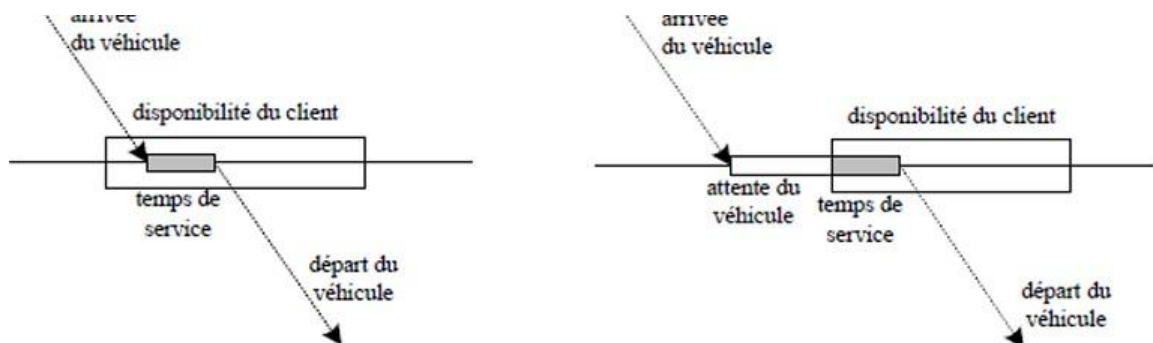
Le VRP Capacitaire (CVRP) constitue la variante mère et le socle fondamental de l'optimisation logistique, car il introduit la barrière physique infranchissable de la charge utile. Historiquement théorisé par Dantzig et Ramser (1959) comme le problème du « dispatching de camions », ce modèle impose que la somme des demandes des clients d'une tournée ne dépasse jamais la capacité $SC\$$ du véhicule, une règle d'or qui force la décomposition des livraisons en plusieurs circuits optimaux. Alors que Ralphs (2003) le définit par le retour obligatoire au dépôt, des auteurs comme Cordeau et al. (2005) se focalisent sur la stricte gestion du poids, tandis que Chen et al. (2006) y couplent des contraintes d'autonomie kilométrique. Pour un géant industriel comme Cevital, cette variante est le « pivot de la rentabilité » selon Bouregba et al. (2021): chez leur filiale Numilog, chaque trajet de transport d'huile Elio est un combat contre le transport de « vide ». En maximisant le facteur de charge pour atteindre les 24 tonnes réglementaires sans jamais les dépasser, l'entreprise applique concrètement la logique des « économies » de Clarke et Wright (1964), permettant de diluer les coûts fixes (chauffeur, carburant, maintenance) sur un volume maximal de produits, garantissant ainsi un avantage compétitif majeur sur le marché algérien.

B. Le VRP avec Fenêtres Temporelles (VRPTW - VRP with Time Windows)

Le VRP avec Fenêtres Temporelles (VRPTW) transforme le défi logistique en une véritable course contre la montre, où l'espace géographique n'est plus l'unique priorité. Initialement formalisé par Solomon (1987), ce modèle impose que chaque livraison soit effectuée dans

un intervalle de temps strict, ce qui signifie que le succès d'une tournée ne dépend plus seulement de la distance, mais d'une ponctualité chirurgicale. D'un point de vue théorique, le VRPTW est bien plus complexe que le modèle classique car il crée des "temps morts" forcés: si le chauffeur arrive avant l'heure d'ouverture a_i , il doit patienter, générant ce que Dell'Amico et al. (2006) appellent un temps d'attente improductif. À l'inverse, tout retard au-delà de b_i est considéré comme un échec de service (contrainte dite "dure"), rendant le client insatisfait. (HajRachid, 2010) souligne que cette variante est cruciale en planification industrielle car elle oblige les algorithmes à calculer des séquences de passage qui respectent les agendas des clients plutôt que la simple proximité.

Figure 3 Exemple de fenêtre de temps sur un nœud



Source: établis par nous-mêmes

En milieu urbain dense comme celui d'Alger, le VRPTW devient la contrainte la plus redoutable; comme l'explique (Khelfa, 2019) ces fenêtres temporelles brisent souvent la logique géographique: un chauffeur peut être contraint de passer devant un client sans le livrer pour privilégier une urgence plus lointaine

Un exemple concret est celui d'un supermarché à Alger-Centre qui n'accepte ses marchandises que de 06h00 à 09h00 pour éviter l'encombrement des axes routiers. Pour le planificateur, ce créneau devient une priorité absolue qui force à sacrifier les économies de distance. Comme le notent Braysy et Gendreau (2005), le VRPTW rapproche ainsi l'outil mathématique de la réalité humaine du chauffeur, où la satisfaction du client et le respect des horaires priment sur la minimisation des kilomètres.

C.Le VRP Dynamique (DVRP - Dynamic VRP)

Le VRP Dynamique (DVRP) marque une rupture avec la planification traditionnelle en

introduisant la gestion de l'incertitude et de la réactivité immédiate. Contrairement aux modèles statiques où toutes les données sont figées avant le départ du premier camion, le DVRP, tel que défini par Bianchi (2000), traite les situations où l'information est incomplète ou évolutive: apparition de nouveaux clients en cours de journée, annulations de dernière minute ou aléas de circulation comme les accidents. D'un point de vue théorique, cette variante exige un recalcul permanent du plan de tournée, transformant l'itinéraire en une structure vivante capable de s'adapter aux signaux envoyés par le terrain. Psaraftis et al. (2016) et Gendreau et al. (2015) soulignent que le DVRP est indissociable des technologies de communication moderne (GPS, IoT), permettant une interaction constante entre le dépôt et le chauffeur.

En milieu urbain, cette flexibilité est indispensable pour absorber la volatilité de la demande et les imprévus du trafic, évitant ainsi que le plan de transport ne devienne obsolète dès la première heure de service. Comme l'indique (HajRachid, 2010), le défi algorithmique du DVRP ne consiste plus seulement à trouver la meilleure route, mais à trouver la meilleure réponse instantanée sans perturber l'ensemble du réseau de distribution. Dans la vision de la logistique 4.0, le DVRP devient le cerveau du système, capable, selon Braysy et Gendreau (2005), de réconcilier l'optimisation mathématique froide avec la réalité imprévisible du métier de transporteur, garantissant une agilité qui est aujourd'hui un avantage compétitif crucial pour les entreprises de livraison express ou de services à la demande.

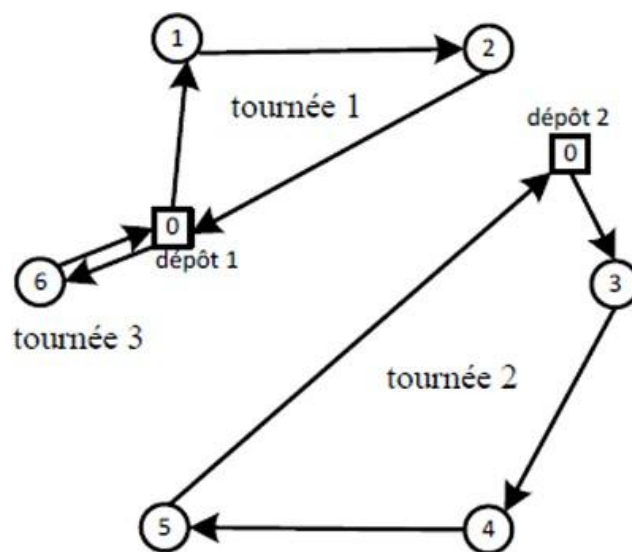
D.Le VRP Multi-Dépôts (MDVRP - Multi-Depot VRP)

Le VRP Multi-Dépôts (MDVRP) représente une extension stratégique du modèle classique, particulièrement adaptée aux structures logistiques de grande envergure disposant de plusieurs points de stockage. Contrairement au VRP standard qui centralise tous les départs sur un seul site, le MDVRP, tel que défini par (Mingozzi, 2005), gère la complexité de réseaux comportant plusieurs dépôts d'où partent les flottes de véhicules, avec la contrainte impérative que chaque unité retourne à son point d'attache d'origine en fin de service. D'un point de vue théorique, cette variante introduit une double décision: il ne s'agit plus seulement d'ordonnancer les visites, mais d'affecter au préalable chaque client au dépôt le plus pertinent. (Montoya, 2016)et (Tan, 2017)soulignent que cette structure est cruciale pour l'optimisation des « hubs » régionaux, car elle permet de réduire considérablement les distances d'approche et de mieux répartir la charge de travail entre les différents centres de distribution.

Dans le contexte industriel de Numilog, le MDVRP prend tout son sens lors de la gestion des flux à travers les plateformes de Bouira, Alger ou Blida. Comme l'indique (AI CHAMI,

2008), l'enjeu est de coordonner ces différents sites pour éviter que les tournées ne se chevauchent inutilement, garantissant qu'un client à Boumerdès soit servi par le dépôt le plus efficace en termes de coût et de disponibilité. Selon (HajRachid, 2010), l'intégration du multi-dépôt dans la planification permet de passer d'une vision locale à une vision réseau globale, où la proximité géographique redevient le moteur de la rentabilité. En optimisant l'affectation client-dépôt, l'entreprise parvient à minimiser les kilomètres « haut-le-pied » (circulations sans chargement), transformant ainsi une structure multi-sites complexe en un levier de performance systémique qui assure la fluidité de la distribution des produits Cevital sur l'ensemble du territoire.

Figure 4 Exemple de solution multi-dépôt d'un VRP



Source: établis par nous-mêmes

E.Perspectives Collaboratives et Vertes (Transferts & Green VRP)

Le Green VRP (GVRP) s'impose comme la variante la plus contemporaine du problème de tournées, marquant le passage d'une logistique purement économique à une logistique durable et éco-responsable. Contrairement aux modèles classiques qui se focalisent sur la réduction des coûts monétaires, le GVRP, exploré par des auteurs comme (Xiao, 2012) et (Montoya, 2016), intègre directement la minimisation de l'empreinte environnementale, notamment à travers la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la gestion des flottes de véhicules électriques. D'un point de vue théorique, cette variante complexifie radicalement le problème en ajoutant des contraintes physiques liées à l'énergie: l'autonomie limitée des batteries, le temps de recharge nécessaire et l'emplacement stratégique des stations de ravitaillement.

Dans la pratique, le GVRP transforme le logiciel de routage en un outil de pilotage écologique. Comme le souligne (Morana, 2014), l'enjeu n'est plus seulement de parcourir moins de kilomètres, mais de choisir les trajets les moins énergivores et de synchroniser les tournées avec les infrastructures de recharge disponibles. Pour des entreprises engagées dans la transition énergétique, cette approche permet de concilier performance opérationnelle et respect des réglementations environnementales urbaines de plus en plus strictes. Selon HajRachid (2010), l'introduction de critères « verts » dans la planification industrielle force les algorithmes à devenir plus intelligents, car ils doivent désormais arbitrer entre la rapidité de livraison et la consommation énergétique globale. En intégrant ces paramètres, le GVRP permet de transformer la logistique urbaine en un système résilient, capable, selon Braysy et Gendreau (2005), de répondre aux attentes de la société civile tout en préservant la viabilité économique du transporteur.

Tableau 2 Analyse des perspectives collaboratives et technologiques

Variante du VRP	Contrainte majeure	Perspective théorique
Capacitaire (CVRP)	Charge utile (Poids/Volume)	Barrière physique infranchissable imposant la décomposition en circuits optimaux (Dantzig & Ramser, 1959).
Fenêtres Temporelles (VRPTW)	Temps $[a_i, b_i]$	Course contre la montre introduisant des temps d'attente improductifs ou des échecs de service (Solomon, 1987).
Dynamique (DVRP)	Incertitude et Réactivité	Structure vivante exigeant un recalcul permanent face aux nouveaux clients ou accidents (Bianchi, 2000).
Multi-Dépôts (MDVRP)	Multiplicité des points de départ	Double décision: affectation client-dépôt et ordonnancement séquentiel (Mingozi, 2005).
Green VRP (GVRP)	Empreinte carbone & Énergie	Intégration de l'autonomie des batteries et des stations de recharge (Xiao et al., 2012).

Source: Élaboré par nos soins

2.1.4. Méthodes de résolution du VRP et de ses variantes

Le VRP étant classé comme un problème NP-difficile, la complexité croît de manière exponentielle avec le nombre de clients. Comme le souligne (AI CHAMI, 2008) l'objectif de

la recherche opérationnelle est de trouver un compromis entre le temps de calcul et la qualité de la solution. Les méthodes se divisent en trois grandes familles.

A. Les Méthodes Exactes (L'optimalité mathématique)

Ces méthodes garantissent la découverte de la solution mathématique parfaite, mais sont limitées à des instances de petite taille.

- **Programmation Linéaire et Branch-and-X:** Les approches de type *Branch-and- Bound* ou *Branch-and-Cut* consistent à explorer un arbre de solutions en éliminant les branches non prometteuses. (AI CHAMI, 2008) rappelle que ces méthodes sont essentielles pour valider l'efficacité des nouvelles heuristiques sur des petites instances de test.
- **Programmation Dynamique:** Utilisée pour décomposer le problème, elle reste toutefois sensible à "la malédiction de la dimensionnalité" dès que l'on ajoute des contraintes comme les fenêtres temporelles (VRPTW).

B. Les Heuristiques Classiques (La rapidité opérationnelle)

Elles fournissent des solutions satisfaisantes très rapidement, souvent utilisées comme point de départ pour des méthodes plus complexes.

- **La Méthode d'Économie (Savings Algorithm):** Introduite par (Clarke, 1964)), elle reste une référence. Elle fusionne deux routes si cela réduit la distance totale sans violer la capacité du véhicule.
- **Les Heuristiques de Construction et d'Insertion:** Ces méthodes insèrent progressivement les clients dans les tournées. (Bouregba, 2021) illustrent cette logique dans le cas de Cevital, où la priorité est de minimiser la distance parcourue par les véhicules de la filiale Numilog pour servir les centres de livraison régionaux (CLR).
- **Approches en deux phases:** Le concept "Cluster-first, Route-second" (regrouper puis ordonnancer) est souvent privilégié pour simplifier la gestion des flottes importantes.

C. Les Métaheuristiques et Algorithmes Évolutionnaires

C'est le domaine le plus exploré pour la planification industrielle réelle car ces méthodes permettent d'échapper aux optimums locaux.

- **Algorithmes Génétiques (AG):** (HajRachid, 2010) consacre ses travaux à la comparaison des opérateurs évolutionnaires. Les AG miment l'évolution naturelle (sélection, croisement, mutation) pour faire évoluer une population de solutions. L'efficacité dépend du choix des opérateurs: un croisement de type *Ordered Crossover (OX)* sera souvent plus performant pour conserver l'ordre des clients.
- **Recherche Tabou et Recuit Simulé:** Ces méthodes de recherche locale "intelligente" autorisent des dégradations temporaires de la solution pour explorer de nouvelles zones de

l'espace de recherche.

- **Algorithme Big Bang-Big Crunch (BB-BC):** Référence spécifique à (Khelfa, 2019) cet algorithme s'inspire des théories cosmologiques. Il alterne entre une phase de convergence (Big Crunch) vers un centre de masse (la meilleure solution actuelle) et une phase de dissipation (Big Bang) pour explorer de nouvelles solutions. (Khelfa, 2019) démontre son efficacité pour résoudre le VRPTW en milieu urbain (Biskra), où les contraintes de temps sont strictes.
- **Optimisation par Colonies de Fourmis (ACO):** (AI CHAMI, 2008) mentionne l'usage de ces approches pour la distribution urbaine collaborative, où la coopération entre véhicules permet d'optimiser globalement le réseau.

D.Synthèse: Vers l'hybridation et la collaboration

La tendance actuelle, notée par Al Chami (2018) et Haj Rachid (2010), est à l'hybridation. On combine souvent un algorithme génétique pour l'exploration globale avec une recherche locale (algorithmes mémétiques) pour affiner les solutions.

Dans le contexte de Cevital, l'étude de (Bouregba, 2021) montre que l'enjeu n'est pas seulement la distance, mais aussi la minimisation du nombre de véhicules. L'utilisation de méthodes approchées permet ainsi à Numilog de passer d'une planification manuelle à une optimisation automatisée capable de gérer les 24 tonnes de capacité de l'huile Elio tout en desservant efficacement Alger, Blida ou Médéa.

2.1.5. Les difficultés opérationnelles dans les entreprises de distribution

Dans la pratique, la gestion des tournées dépasse largement le cadre de l'optimisation mathématique abstraite. Si les algorithmes peuvent proposer des solutions optimales sur le papier, la réalité du terrain impose des contraintes imprévisibles et des frictions organisationnelles. Ce chapitre analyse les barrières qui transforment la planification théorique en un défi opérationnel quotidien.

A. Le défi de la congestion et de la morphologie urbaine

La logistique du "dernier kilomètre" est particulièrement vulnérable à l'environnement dans lequel elle évolue. À Alger, comme le souligne (KEBIR, S.D) la congestion urbaine n'est pas seulement un retard de temps, c'est une rupture de la fiabilité. L'absence de coordination entre les acteurs publics et privés, couplée à une infrastructure souvent inadaptée au gabarit des véhicules de livraison, transforme chaque itinéraire en un parcours d'obstacles.

À cela s'ajoute la problématique de la "micro-livraison". Pour (Dablanc, 2007), la fragmentation des commandes, poussée par l'essor du e-commerce, sature les capacités de planification traditionnelles. Les entreprises ne gèrent plus des camions complets vers un

point unique, mais une multitude de petites livraisons vers des clients exigeant une réception instantanée. Cette "atomisation" des flux rend la consolidation des chargements (le fameux facteur de charge) extrêmement complexe, augmentant mécaniquement le nombre de véhicules en circulation et, par extension, la pollution urbaine.

B.La barrière humaine: Entre fatigue et résistance au changement

Le conducteur est le maillon final de la chaîne, mais il en est aussi le plus fragile. (Ouaddi, 2015) met en exergue la difficulté de gérer le "multi-tour" et les heures supplémentaires (*overtime*). Dans un contexte où la demande fluctue, les chauffeurs sont souvent poussés au-delà de leurs limites physiologiques. L'épuisement devient alors une contrainte de sécurité majeure: un chauffeur fatigué est moins attentif, ce qui augmente le risque d'accidents et de dégradations de la marchandise.

De plus, l'introduction de logiciels de routage intelligents se heurte souvent à une barrière psychologique. (Lumbroso, 2015) explique que la résistance au changement est fréquente chez le personnel de conduite. Les chauffeurs, qui possèdent souvent une connaissance intuitive et historique de leur zone de livraison (le "savoir-faire de rue"), perçoivent parfois les outils GPS et les algorithmes d'optimisation comme une surveillance intrusive ou une remise en cause de leur expertise. Sans une gestion de l'aspect social et une formation adaptée, la meilleure technologie de routage peut être sabotée par une exécution sur le terrain volontairement dégradée.

C.L'asymétrie d'information et la visibilité en temps réel

Un autre défi majeur réside dans la circulation de l'information entre le bureau de planification et le véhicule. Christopher (2016) note que le manque de visibilité en temps réel sur la position exacte des camions génère une asymétrie d'information coûteuse. Sans outils de télématique avancés, le gestionnaire de transport est "aveugle" dès que le camion quitte le dépôt

Cette opacité empêche toute réactivité face aux imprévus. Si un client annule une commande ou si un accident bloque un axe routier, l'incapacité à réorienter le flux en temps réel entraîne des kilomètres inutiles et des retards en cascade. L'intégration de la visibilité "bout-en-bout" est donc moins un luxe technologique qu'une nécessité opérationnelle pour synchroniser l'offre de transport avec la réalité des infrastructures.

D.La résilience face aux ruptures de la chaîne (VRP Durable et Disruptif)

Aujourd'hui, la performance ne se mesure plus seulement à l'efficacité par temps calme, mais à la capacité de résistance lors des crises. Ivanov et al. (2019) et McKinnon et al. (2015) introduisent le concept de "résilience" logistique. L'entreprise doit être capable de maintenir

son niveau de service malgré des événements perturbateurs: pannes de véhicules, ruptures de stocks au dépôt, ou encore changements soudains de réglementation.

En Europe et progressivement dans les grandes métropoles mondiales, l'apparition des Zones à Faibles Émissions (ZFE) impose de nouvelles contraintes. Le planificateur ne doit plus seulement trouver le chemin le plus court, mais le chemin "autorisé" pour le type de moteur de son véhicule. Cette complexité réglementaire force les entreprises à investir dans des flottes hétérogènes (électrique, gaz, diesel récent), ce qui complique davantage l'affectation des véhicules aux tournées.

2.2.La planification intelligente

Dans cette partie, nous allons aborder le concept de planification intelligente, devenu aujourd'hui un levier essentiel pour l'optimisation des opérations logistiques. La planification intelligente désigne l'ensemble des méthodes et outils numériques permettant d'automatiser et d'optimiser la prise de décision, en s'appuyant sur des algorithmes, des données en temps réel et des systèmes d'information intégrés. Contrairement à la planification traditionnelle, souvent basée sur l'expérience humaine et des approches empiriques, elle permet une meilleure allocation des ressources, une optimisation des itinéraires et une adaptation dynamique aux contraintes du terrain.

Dans un premier temps, nous définirons la planification logistique afin de situer son rôle dans la gestion des flux et des opérations. Ensuite, nous établirons une comparaison entre la planification classique et la planification intelligente, en mettant en évidence les apports de la distribution 4.0. Enfin, nous analyserons l'importance de l'intégration des données en temps réel dans l'amélioration de la prise de décision et la réactivité des systèmes logistiques.

L'objectif de cette partie est de comprendre comment la planification intelligente permet de dépasser les limites des approches traditionnelles et de constituer un facteur clé d'amélioration de la performance des tournées de livraison.

2.2.1.Définition de la planification logistique

La planification logistique est d'abord appréhendée comme un levier de synchronisation stratégique entre les capacités internes de l'entreprise et les exigences fluctuantes du marché. Selon Christopher (2016) dans son ouvrage de référence *Logistics & Supply Chain Management*, elle constitue le cœur battant de la « réponse agile ». Pour cet auteur, planifier ne revient pas seulement à organiser le transport, mais à instaurer une flexibilité capable de transformer la chaîne logistique en un avantage compétitif majeur, où la rapidité de livraison

devient un critère de différenciation aussi crucial que le prix ou la qualité du produit.

Sous un angle plus théorique et computationnel, la planification est définie par Haj Rachid (2010) dans sa thèse de doctorat comme un processus de traduction. Il ne s'agit pas uniquement d'une étape d'exécution, mais de la capacité algorithmique à convertir des objectifs industriels globaux (comme la réduction des coûts ou l'amélioration du taux de service) en séquences d'actions opérationnelles optimisées. Cette perspective souligne que la planification est le point de rencontre entre les mathématiques de l'optimisation et les contraintes physiques du terrain, où chaque décision doit être validée par sa faisabilité technique.

D'un point de vue industriel et local, l'étude de Bouregba et al. (2021) portant sur le groupe Cevital présente la planification comme le garant de la continuité de service dans un environnement complexe. Dans ce contexte, planifier consiste à orchestrer les flux de produits de grande consommation, tels que l'huile Elio, depuis les unités de production (Béjaïa) vers les plateformes régionales (Bouira, Alger, Médéa). Pour ces auteurs, la planification logistique chez la filiale Numilog est une quête de rentabilité qui vise la minimisation des distances parcourues tout en luttant contre le transport de "vide", assurant ainsi une disponibilité constante des produits sur le marché national.

Une perspective plus collaborative est apportée par (AI CHAMI, 2008) qui définit la planification comme un système de coordination multi-acteurs, particulièrement en milieu urbain. Dans ses travaux, la planification dépasse les frontières d'une seule entreprise pour devenir « intelligente » et partagée. Elle est vue comme une gestion dynamique de ressources mutualisées, où l'objectif est d'optimiser les tournées non plus de manière isolée, mais au sein d'un écosystème logistique global afin de réduire les externalités négatives telles que la congestion routière et la pollution.

Enfin, une approche axée sur la résilience et la précision temporelle est proposée par (Khelfa, 2019). La planification logistique y est décrite comme la gestion rigoureuse des horizons temporels et des incertitudes. À travers l'étude du problème de tournées avec fenêtres de temps, l'auteur démontre que planifier consiste à construire des schémas de distribution capables de respecter des rendez-vous clients stricts malgré les aléas du trafic. Cette perspective définit la planification non pas comme un plan figé, mais comme une structure robuste capable de s'adapter aux perturbations tout en maintenant l'intégrité du service promis.

Pour conclure, une vision intégrée de la recherche moderne, notamment portée par Ivanov et al. (2019), définit la planification logistique à l'ère de l'industrie 4.0 comme une fonction de « visibilité bout-en-bout ». Elle est perçue comme un système d'information dynamique qui utilise le double numérique (*Digital Twin*) pour simuler et ajuster les flux en temps réel. Cette définition élargie place la planification comme une interface technologique indispensable, capable de lier la data issue du terrain à la prise de décision stratégique, assurant ainsi une résilience maximale face aux ruptures de stocks ou aux crises logistiques imprévues.

Tableau 3 Synthèse des approches

Perspective	Référence clé	Définition centrale	Objectif principal	Concept pivot
Stratégique & Agile	Christopher (2016)	Un moteur de synchronisation entre les ressources internes et les exigences changeantes du marché	Maximiser la réactivité face à la demande	Agilité
Théorique & Computationnelle	Haj Rachid (2010)	Un processus de traduction des objectifs industriels en séquences d'actions mathématiquement optimisées	Garantir l'efficacité de l'exécution par l'algorithmique	Traduction optimisée
Industrielle & Opérationnelle	Bouregba et al. (2021) (Cas Cevital/Numilog)	Un outil de coordination des flux physiques pour garantir la disponibilité des produits (ex: Huile Elio)	Minimiser les coûts de transport et le transport de "vide"	Rentabilité & Disponibilité
Collaborative & Urbaine	Al Chami (2018)	Un système de gestion partagée et intelligente des ressources logistiques entre plusieurs acteurs	Réduire les externalités négatives (congestion, pollution)	Mutualisation
Robuste & Temporelle	Khelfa (2019)	Une structuration de tournées capable de résister aux aléas et de respecter des fenêtres de temps strictes	Assurer l'intégrité du service malgré les perturbations	Résilience
Technologique	Ivanov et al.	Une fonction de	Simuler et	Visibilité

(4.0)	(2019)	pilotage basée sur la visibilité "bout-en-bout" et l'utilisation de doubles numériques	ajuster les flux en temps réel pour une précision maximale	totale
-------	--------	--	--	--------

Source: Élaboré par nos soins.

2.2.2. Planification classique vs planification intelligente (Distribution 4.0)

La transition vers la Distribution 4.0 ne représente pas une simple mise à jour technologique, mais une mutation profonde du paradigme décisionnel. La planification classique, souvent qualifiée de « statique-déterministe », repose sur l'hypothèse que les variables de l'environnement (temps de trajet, demande client) sont stables. Speranza (2018), dans son analyse sur les tendances de la recherche opérationnelle, explique que ce modèle traditionnel atteint ses limites face à l'urbanisation galopante et à l'exigence d'immédiateté. À l'opposé, la planification intelligente s'inscrit dans ce que Hofmann et Rüsch (2017) définissent comme la « Supply Chain 4.0 », où l'interconnexion des systèmes permet une synchronisation autonome et proactive.

L'autonomie décisionnelle, pilier central de cette intelligence, est explorée dans la thèse de Tamine (2014) sur l'ordonnancement robuste. Contrairement à la vision centralisée d'Al Chami (2018), Tamine propose une approche où les agents de transport (véhicules) disposent d'une capacité de négociation locale pour s'auto-ajuster. Cette décentralisation de l'intelligence permet de passer d'un plan rigide à une planification « organique ». Ce concept est soutenu par Bari (2021) dans sa recherche sur les systèmes multi-agents, où l'intelligence n'est plus un calcul froid issu d'un bureau, mais une réponse adaptative générée par le réseau lui-même.

L'intelligence computationnelle moderne dépasse aujourd'hui les métaheuristiques simples pour intégrer l'apprentissage par renforcement (*Reinforcement Learning*). La thèse de Rammal (2021) démontre que les algorithmes ne se contentent plus de résoudre un problème de tournées (comme dans les travaux de (Khelfa, 2019)) mais ils « apprennent » de chaque exécution passée pour prédire les zones de congestion ou les délais de livraison. Cette capacité d'auto-apprentissage transforme le logiciel de planification en une entité apprenante, capable de réduire l'écart entre le plan théorique et la réalité du terrain, une problématique déjà soulevée dans la classification de (HajRachid, 2010) mais désormais résolue par l'intelligence artificielle.

Le concept de Digital Twin (Double Numérique), popularisé par les travaux d'Ivanov et al. (2019), trouve une application concrète dans la thèse de Dhouib (2020). Elle y décrit

comment la simulation à haute fidélité permet de tester la résilience d'un plan de distribution face à des scénarios de "cygne noir" (crises majeures, ruptures soudaines). Là où la planification classique est vulnérable, la planification intelligente utilise ce double numérique pour construire des tournées « anti-fragiles ». Comme le note Vachal et al. (2021) dans leur ouvrage sur le transport intelligent, cette technologie permet de passer d'une gestion de flux à une gestion de la connaissance, où chaque donnée captée par les capteurs IoT enrichit le modèle de décision.

Tableau 4 Synthétise les ruptures majeures identifiées entre la planification intelligent et planification traditionnel

Axe de comparaison	Planification Classique	Planification Intelligente (4.0)	Références de rupture
Philosophie de contrôle	Centralisée et hiérarchique	Décentralisée et distribuée (Agents)	Tamine (2014); Bari (2021)
Logique de calcul	Résolution ponctuelle (Batch)	Apprentissage continu et prédictif	Rammal (2021); Hofmann (2017)
Gestion du risque	Marges de sécurité passives	Simulation dynamique (Digital Twin)	Dhouib (2020); Ivanov (2019)
Objectif de performance	Optimisation locale (coût)	Performance systémique et durable	Speranza (2018); Montoya (2016)
Rapport au temps	Temps différé (Planification J-1)	Temps réel et prédictif (J+H)	Vachal (2021); Gendreau (2015)

Source: Élaboré par nos soins

2.2.3.L'intégration des données en temps réel

- L'intégration des données en temps réel représente la rupture technologique majeure permettant de passer du VRP statique au DVRP (Dynamic Vehicle Routing Problem). Traditionnellement, le plan de transport était figé avant le départ des véhicules. Aujourd'hui, l'omniprésence des capteurs et de la connectivité permet une synchronisation continue entre le flux physique et le flux informationnel.
- **Le paradigme de l'immédiateté et de l'incertitude** Selon les travaux de Berrado et al. (2020) sur la logistique urbaine, l'intégration des données en temps réel n'est plus une option mais une nécessité pour survivre à la volatilité urbaine. L'information "live" permet de traiter ce que Gendreau et al. (2015) appellent les "événements disruptifs": l'arrivée d'une commande urgente, l'indisponibilité soudaine d'un quai de déchargement ou les fluctuations

imprévisibles du trafic. Dans cette perspective, la planification devient un processus itératif où l'algorithme doit, selon la thèse de Rammal (2021), ré-optimiser le reste de la tournée à chaque fois qu'une nouvelle donnée est captée, sans pour autant déstabiliser l'ensemble du système (phénomène de "nervosité" du plan).

- **La Télématique et l'Internet des Objets (IoT) comme vecteurs de données** La dimension matérielle de cette intégration repose sur la télématique avancée. Dans son ouvrage sur le transport intelligent, Vachal (2021) explique que les données massives (*Big Data*) issues des boîtiers GPS et des capteurs de charge transforment le véhicule en une "unité de données mobile". Pour un contexte industriel comme celui de Cevital, l'étude de Bouregba et al. (2021) souligne que la remontée d'information sur le remplissage des camions (capacité de 24 tonnes) est cruciale. L'intégration en temps réel permet ici d'ajuster les flux de retour ou de réaffecter un camion vers une autre plateforme (comme Bouira ou Alger) si une rupture de stock est signalée instantanément, optimisant ainsi le taux d'utilisation de la flotte de Numilog.
- **L'apport de l'Intelligence Artificielle et de la Connectivité** L'exploitation de ces données nécessite une puissance de calcul capable de traiter les flux en millisecondes. La thèse de Dhouib (2020) sur les jumeaux numériques (*Digital Twins*) démontre que l'intégration en temps réel permet d'alimenter une simulation miroir du réseau logistique. Ce "double numérique" utilise les données de trafic pour prédire l'heure d'arrivée estimée (ETA) avec une précision chirurgicale, une contrainte déjà identifiée par Khelfa (2019) pour le respect des fenêtres temporelles. Plus récemment, Bari (2021) suggère que l'intégration des données via la 5G facilite la communication inter- véhicules (V2V), permettant une planification collaborative où les camions s'informent mutuellement des obstacles rencontrés, réduisant ainsi les temps de latence décisionnelle.
- **Vers une logistique prédictive et durable** Enfin, l'intégration des données en temps réel est le socle de la logistique verte (Green VRP). Comme le notent Xiao et al. (2012) et Montoya (2016), la consommation de carburant dépend étroitement des conditions de circulation. En intégrant les données topographiques et de trafic en temps réel, le planificateur intelligent peut choisir l'itinéraire le moins énergivore plutôt que le plus court. Cette approche, soutenue par Al Chami (2018) dans son cadre de distribution collaborative, montre que le temps réel transforme la planification d'un outil de réduction des coûts en un instrument de résilience environnementale et sociale.
- que la capacité de 24 tonnes pour garantir le plan de distribution de l'huile Elio.

2.3.Optimisation des tournées de livraison par les outils de planification intelligente

L'optimisation des tournées à l'ère de la Distribution 4.0 ne se limite plus à la simple réduction des distances; elle consiste à orchestrer une architecture complexe de contraintes physiques, temporelles et économiques.

2.3.1.Intégration des contraintes opérationnelles et centralité du "Drop Size"

La planification intelligente ne se contente pas de résoudre un problème géométrique de cheminement; elle doit intégrer une modélisation mathématique stricte de contraintes multidimensionnelles. Le CVRP (Capacitated VRP) demeure la structure pivot: chaque circuit est limité par la capacité physique (poids et volume) du matériel roulant. Cependant, selon Speranza (2018), l'optimisation moderne doit aujourd'hui intégrer des contraintes urbaines et réglementaires sévères — telles que les zones à faibles émissions (ZFE), les restrictions de tonnage ou les sens de circulation obligatoires — qui déstructurent la linéarité géographique classique des tournées.

Dans ce contexte, le Drop Size (la taille de la livraison par point de dépose) s'impose comme l'indicateur de performance le plus critique pour la rentabilité globale du réseau.

A.L'effet de levier: La dilution des coûts fixes

Le Drop Size mesure le volume ou le nombre d'unités déchargées lors d'un unique arrêt. L'enjeu économique majeur, comme le démontre la thèse de Berghida (2015), réside dans le fait que chaque arrêt génère un "coût fixe de service" indépendant de la quantité livrée. Ce coût englobe :

- Le temps de manœuvre et de stationnement sécurisé.
- L'ouverture, la sécurisation du périmètre de déchargement et la clôture administrative (émargement).
- L'usure mécanique liée aux cycles d'arrêt/redémarrage.

La logique d'optimisation: Une planification intelligente cherche à maximiser la densité de chaque dépose. En augmentant le drop size, l'outil permet de diluer ces coûts fixes sur un volume de marchandises plus important. Mathématiquement, cela réduit le coût unitaire de livraison et augmente la rentabilité de chaque mètre cube transporté. À l'inverse, une fragmentation des livraisons (petites quantités fréquentes) multiplie les arrêts improductifs et dégrade la marge opérationnelle.

B.La contrainte urbaine: Le Drop Size comme variable d'ajustement

En zone urbaine dense, le temps d'immobilisation est une ressource rare et coûteuse. Les autorités municipales imposent souvent des limites temporelles strictes pour le

stationnement des véhicules de livraison afin de limiter la congestion.

Les algorithmes de planification intelligente calculent désormais le ratio optimal entre le volume livré et le temps d'occupation de l'espace public.

- **Arbitrage stratégique:** Si le temps de déchargement prévu dépasse les tolérances de la zone (risque d'amende ou de blocage du trafic), l'outil peut suggérer une modification de la stratégie de service (par exemple, privilégier des livraisons nocturnes ou l'utilisation de zones de transbordement).
- **Régulation du trafic:** En optimisant le *drop size*, le planificateur réduit mécaniquement le nombre total de véhicules nécessaires pour couvrir une zone géographique. Cette réduction de la fréquence des passages, au profit de livraisons plus volumineuses et mieux organisées, constitue une réponse directe aux enjeux de la logistique urbaine durable, transformant la taille de la livraison en un levier de gestion de la congestion.

Tableau 5 Tableau de bord de la performance: Impact des outils intelligents sur les KPI

Indicateur (KPI)	Définition & Calcul	Exemple de scénario "Avant" (Manuel)	Exemple de scénario "Après" (Planification Intelligente)	Résultat attendu
Drop Size (Taille de dépose)	Quantité moyenne livrée par arrêt (Unités ou Poids / Nombre d'arrêts)	Livraison de 5 cartons deux fois par semaine pour un même client (Total 10)	Le logiciel propose de livrer 10 cartons en une seule fois (consolidation des commandes)	Réduction de 50% des coûts d'arrêt et des frais administratifs
Facteur de charge (Fill Rate)	Pourcentage de la capacité du véhicule réellement utilisé (Volume chargé / Capacité totale)	Un camion de 15 tonnes part avec seulement 9 tonnes car l'ordre de passage manuel est	L'algorithme réorganise les tournées pour charger 14,5 tonnes, optimisant chaque m ³ disponible	Amortissement maximal des frais de carburant et du salaire chauffeur

		inefficace		
Taux de livraison à vide (Deadhead)	Kilomètres parcourus sans marchandise à bord	Après la dernière livraison, le camion fait 40 km à vide pour retourner au dépôt	L'outil planifie un ramassage (Backhauling) de palettes vides à 5 km du dernier point de dépose	Transformation d'un trajet coûteux en une étape productive
Écart ETA (Précision d'arrivée)	Différence entre l'heure d'arrivée prévue et l'heure réelle	Retard fréquent de 45 min à cause d'un trafic mal anticipé (client mécontent)	Intégration du trafic en temps réel: retard réduit à moins de 5 min ou client prévenu par SMS automatique	Amélioration de la satisfaction client et respect des fenêtres temporelles
Densité de dépose (Drop Density)	Temps passé à décharger / Temps total de la tournée	Le chauffeur passe 70% de son temps à rouler et seulement 30% à livrer	Grâce au zonage (sectorisation), le chauffeur passe 60% de son temps à livrer et réduit ses trajets	Augmentation de la productivité horaire du conducteur

Source: Élaboré par nos soins

2.3.2. Rôle des outils technologiques: TMS, Logiciels de routage et Algorithmes

Les outils de planification intelligente agissent comme le « système nerveux » de la distribution. Ils ne se contentent pas d'afficher des données, ils les transforment en décisions immédiates (quand partir, quel camion charger, quel itinéraire suivre).

A. Le TMS (Transport Management System): La tour de contrôle intégrée

Le TMS est le logiciel central qui gère l'ensemble du cycle de vie d'un transport. Selon Vachal et al. (2021), le rôle du TMS a radicalement évolué: il n'est plus un simple outil de facturation, mais une plateforme de synchronisation.

- **Visibilité "Bout-en-bout":** Il connecte l'entrepôt (où la marchandise est préparée) aux véhicules (qui livrent). Cela permet de savoir en temps réel si une commande est prête à être

chargée.

- **Dématérialisation:** Il automatise les documents de transport (lettres de voiture, bons de livraison électroniques). Cette automatisation élimine les erreurs de saisie manuelle et accélère le partage d'information entre le dépôt et le chauffeur.

B.Logiciels de routage: La puissance du Cloud

Si le TMS gère le transport, le logiciel de routage gère la complexité mathématique de la route. Ces outils utilisent le Cloud (serveurs distants ultra-puissants) pour tester des millions de combinaisons en quelques secondes.

Optimisation dynamique: Contrairement à un humain qui planifie la veille pour le lendemain, ces outils gèrent les imprévus. Si un véhicule tombe en panne ou si une fenêtre temporelle change (un client qui n'est disponible que le matin), le logiciel recalcule instantanément l'itinéraire de toute la flotte.

Respect des capacités: Ils garantissent que chaque véhicule est utilisé au maximum de ses capacités (poids et volume), évitant ainsi d'envoyer deux camions là où un seul, mieux optimisé, suffirait.

C.Algorithmes et Automatisation: Vers des plans "Auto-réparateurs"

La véritable rupture technologique réside dans l'intelligence artificielle logée au cœur de ces logiciels. **Métaheuristiques et Apprentissage par renforcement:** Comme le démontre Rammal (2021), les algorithmes modernes utilisent le *Reinforcement Learning*. Cela signifie que l'algorithme "apprend" de ses erreurs passées. Par exemple, s'il remarque qu'un chauffeur est toujours en retard le vendredi après-midi sur un axe précis, il ajustera automatiquement les futurs plans pour ce secteur.

Plans auto-réparateurs: L'automatisation permet de créer des plans de transport capables de se corriger seuls. Si une donnée de terrain change (un accident sur l'autoroute capté par GPS), l'algorithme ne se contente pas de signaler le problème: il modifie l'ordre de passage des clients restants pour minimiser l'impact sur les délais de livraison.

2.3.3.Impact de l'optimisation intelligente sur la performance globale

L'implémentation d'outils de planification intelligente ne doit pas être perçue comme une simple amélioration technique, mais comme une mutation stratégique. En remplaçant les méthodes empiriques par une rigueur mathématique, l'entreprise agit sur trois leviers fondamentaux: la rentabilité directe, l'efficacité opérationnelle et la valeur perçue par le client.

La rationalisation économique et la réduction de l'empreinte opérationnelle L'impact le plus documenté concerne la structure des coûts. L'optimisation algorithmique permet de

réduire les distances parcourues tout en maximisant l'utilisation de la flotte. Selon Speranza (2018), l'économie sur le carburant et la maintenance oscille généralement entre 15 % et 25 % grâce à la suppression des trajets redondants. Cette performance est amplifiée par la gestion du Drop Size: comme le démontre Berghida (2015), en augmentant le volume livré par arrêt, on réduit le coût unitaire de distribution. Plus récemment, les travaux de Xiao et al. (2012) sur le "Green VRP" soulignent que cette réduction kilométrique se traduit directement par une baisse des émissions de CO₂, alignant la performance économique sur les objectifs de développement durable.

L'excellence opérationnelle par la réduction de l'incertitude Au-delà des coûts, l'intelligence artificielle redéfinit la productivité des équipes. La thèse de Dhouib (2020) met en avant l'usage du jumeau numérique pour simuler les tournées avant leur départ, permettant d'anticiper les "goulets d'étranglement" (embouteillages, saturation des quais). Cette approche préventive sécurise l'Heure d'Arrivée Estimée (ETA), dont la précision est devenue, selon Vachal et al. (2021), le nouvel étalon de la fiabilité logistique. En éliminant les temps morts et les retours imprévus, l'entreprise augmente son nombre de livraisons par jour sans ajouter de véhicules, optimisant ainsi sa capacité globale de traitement.

La satisfaction client: de la logistique subie à la logistique de service Dans un environnement concurrentiel, la ponctualité chirurgicale offerte par les algorithmes de Rammal (2021) devient un avantage compétitif. La planification intelligente assure le respect des "fenêtres temporelles" (Time Windows), limitant les litiges et les refus de marchandises. Comme l'explique Hofmann et Rüsch (2017) dans leur étude sur la logistique 4.0, la transparence totale (suivi en temps réel) transforme la perception du client: celui-ci n'attend plus un colis, il suit un flux maîtrisé. Cette fiabilité renforce la fidélisation et réduit les coûts de service après-vente, car chaque livraison réussie du premier coup évite le coût prohibitif d'un second passage.

CONCLUSION

Au terme de ce premier chapitre, il apparaît que l'optimisation des tournées de livraison constitue un enjeu majeur pour les entreprises de distribution, particulièrement dans un contexte urbain caractérisé par la complexité, l'incertitude et la multiplicité des contraintes opérationnelles. L'analyse des différents concepts, notamment les tournées de livraison, les problèmes de routage tels que le VRP et ses variantes, ainsi que les indicateurs de performance logistique, a permis de poser les bases théoriques nécessaires à la compréhension du sujet.

Par ailleurs, la revue de littérature a mis en évidence l'évolution progressive des approches

de planification, passant de modèles classiques, souvent limités par leur rigidité et leur manque de réactivité, à des systèmes de planification intelligente intégrant les technologies de la logistique 4.0. Ces derniers reposent sur l'exploitation des données en temps réel, l'utilisation d'algorithmes avancés et une meilleure coordination des ressources, permettant ainsi d'améliorer significativement la performance des tournées de livraison.

Les travaux analysés convergent vers l'idée que l'intégration des outils de planification intelligente contribue à réduire les coûts logistiques, à optimiser l'utilisation des ressources et à améliorer la qualité de service. Toutefois, ils soulignent également l'importance de prendre en compte les contraintes spécifiques du terrain et le rôle des acteurs opérationnels dans la réussite de cette transformation.

Ainsi, ce cadre théorique constitue une base solide pour l'analyse empirique qui sera développée dans les chapitres suivants, en particulier dans l'étude de cas de la SARL DRACO, visant à mesurer concrètement l'impact des outils de planification intelligente sur l'optimisation des tournées de livraison.

CHAPITRE II: CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET ORGANISATIONNEL

Introduction

Après avoir présenté le cadre conceptuel de l'étude, ce chapitre est consacré à la démarche méthodologique adoptée ainsi qu'à la présentation du terrain d'étude. En effet, l'analyse de l'optimisation des tournées de livraison par les outils de planification intelligente nécessite une approche rigoureuse, fondée sur des données fiables et des méthodes d'analyse adaptées.

Dans ce cadre, ce chapitre vise, d'une part, à exposer la méthodologie de recherche mise en œuvre, en précisant les outils de collecte des données, la population étudiée, ainsi que les techniques d'analyse utilisées. D'autre part, il présente le cadre organisationnel de l'entreprise objet de l'étude, à savoir SARL DRACO, en mettant en évidence ses activités, son système de distribution et son organisation logistique.

L'objectif de ce chapitre est ainsi de poser les bases méthodologiques et empiriques nécessaires à l'analyse des résultats et à la validation des hypothèses de recherche.

Section 1: Cadre méthodologique

Dans cette section, nous allons présenter la démarche méthodologique adoptée pour répondre à la problématique de recherche relative à l'impact de la planification intelligente sur la performance des tournées de livraison.

Dans un premier temps, nous préciserons la méthodologie et l'approche de recherche retenues. Ensuite, nous décrirons les outils de collecte des données, notamment le questionnaire et les données internes de l'entreprise. Par la suite, nous définirons la population étudiée ainsi que la méthode d'échantillonnage utilisée. Enfin, nous présenterons les méthodes d'analyse des données, en particulier les traitements statistiques réalisés à l'aide du logiciel SPSS.

L'objectif de cette section est de garantir la rigueur scientifique de l'étude et d'assurer la fiabilité des résultats obtenus.

1.1.Méthodologie de la recherche

La validité de ce travail repose sur une architecture méthodologique cohérente, conçue comme le fil conducteur entre la problématique et les préconisations opérationnelles. Selon Quivy et Van Campenhoudt (2011), la méthodologie ne se limite pas à la sélection d'outils, mais représente l'organisation logique globale de la recherche. Elle constitue, pour Thiétart (2014), le chemin opérationnel indispensable à la production de résultats vérifiables, tandis que Le Moigne (1995) la définit comme la stratégie de conception permettant d'appréhender l'objet d'étude dans toute sa complexité.

L'orientation de ce travail est profondément ancrée dans le pragmatisme. Ce courant, porté

par Dewey (1938) et Peirce (1878), postule que la valeur d'une connaissance se mesure à son utilité pratique et à ses effets concrets sur le terrain. Comme le précisent Avenier et Thomas (2015), le pragmatisme est particulièrement adapté aux sciences de gestion car il permet de concilier les modèles théoriques de routage avec les réalités mouvantes du terrain logistique. En parallèle, nous avons mobilisé la rigueur du positivisme pour garantir l'objectivité des mesures (Comte, 1844), l'analyse de faits quantifiables (Martinet, 1990) et une neutralité rigoureuse face aux données collectées (Thiéart, 2014).

1.2. L'approche méthodologique

L'approche choisie sert de pont entre les concepts théoriques et les observations empiriques récoltées au sein de la SARL DRACO (Giordano, 2003). Elle définit l'angle d'attaque pour traiter la problématique (Van der Maren, 1996) et structure la mise à l'épreuve de nos hypothèses de recherche (Dumez, 2013).

Pour répondre aux objectifs d'optimisation de la performance, nous avons déployé une stratégie quantitative séquentielle. Pour Evrard, Pras et Roux (2009), cette méthode permet de traduire la réalité opérationnelle en indicateurs chiffrés. Elle repose sur la mesure de variables précises au sein d'un échantillon représentatif (Jolibert et Jourdan, 2011) afin d'assurer la fiabilité et la reproductibilité des conclusions (Creswell, 2014).

Le choix d'une approche quantitative pour cette étude n'est pas fortuit; il répond à une volonté de mesurer avec précision l'impact des outils de planification intelligents sur la performance opérationnelle des tournées de livraison. Cette méthodologie s'impose ici comme la plus adaptée pour plusieurs raisons stratégiques :

- **La mesurabilité des variables:** Le domaine de la logistique urbaine repose sur des indicateurs de performance (KPI) naturellement quantifiables. Qu'il s'agisse de la réduction du kilométrage, de l'optimisation du temps de trajet ou de la baisse de la consommation de carburant, chaque variable peut être isolée et mesurée de manière objective.
- **La transformation de l'information en valeur statistique:** L'intérêt majeur de cette méthode réside dans sa capacité à traduire des faits observés en données statistiques rigoureuses. En donnant une valeur numérique à l'information, nous sortons du simple constat qualitatif pour entrer dans une phase de démonstration mathématique. Cela permet d'apporter des preuves concrètes de l'efficacité (ou des limites) des outils technologiques utilisés.
- **Une finalité pragmatique et opérationnelle:** Ce thème étant par essence tourné vers la

pratique industrielle, l'usage des statistiques offre aux décideurs de la SARL DRACO une base de données fiable pour orienter leurs investissements technologiques. Comme le souligne la littérature, la force d'une étude quantitative réside dans sa capacité à généraliser des résultats et à valider des hypothèses de performance à travers des outils d'analyse de données robustes.

1.3. Les outils de collecte des données

Dans le cadre de cette étude portant sur l'optimisation des tournées de livraison à travers les outils de planification intelligents, nous avons mobilisé plusieurs outils de collecte de données afin d'assurer la fiabilité et la richesse des informations recueillies. Ces outils reposent principalement sur une approche quantitative complétée par des éléments qualitatifs issus du terrain.

1.3.1. Le questionnaire

Le questionnaire constitue l'outil principal de collecte de données dans cette recherche. Il a été élaboré dans le but d'analyser l'impact des outils de planification intelligents sur la performance des tournées de livraison.

Afin de garantir une meilleure compréhension et d'assurer la fiabilité des réponses, le questionnaire a été traduit en langue arabe. Cette adaptation a été jugée nécessaire en raison du niveau intellectuel hétérogène de la population cible, composée principalement de livreurs, et de la présence de nombreux termes techniques pouvant constituer une barrière de compréhension.

Ce questionnaire a été administré auprès des livreurs de l'entreprise, étant donné qu'ils sont directement impliqués dans l'exécution des tournées et qu'ils disposent d'une vision opérationnelle concrète du processus de livraison. Il a été diffusé sous forme de Google Forms et communiqué via les adresses e-mails professionnelles fournies par l'entreprise, afin d'assurer sa bonne réception par l'ensemble de la population ciblée.

Le questionnaire est structuré en deux parties :

- **Une première partie** consacrée aux informations générales des répondants (âge, , niveau d'étude, poste, expérience, etc.) ;

- **Une deuxième partie** composée d'affirmations mesurées à l'aide de l'échelle de Likert à cinq points a été retenue comme principal instrument de mesure afin d'évaluer les perceptions et les attitudes des répondants. Cette échelle, largement utilisée en sciences sociales (Likert, 1932), permet aux individus d'exprimer leur niveau d'accord vis-à-vis des affirmations proposées selon un continuum allant de 1 à 5, où 1 correspond à « Pas du tout d'accord » et 5 à « Tout à fait d'accord ». Selon Dussaix (2009), le recours à une échelle à cinq modalités constitue un compromis pertinent entre la précision des réponses et la simplicité d'utilisation pour les participants. Elle facilite ainsi la collecte de données fiables tout en restant accessible aux répondants

Par ailleurs, comme le souligne Roussel (2005), cette échelle permet de transformer des perceptions qualitatives en données quantitatives exploitables, facilitant ainsi l'analyse statistique. Dans le même sens, Evrard et al. (2009) insistent sur l'importance de formuler des items clairs et concis afin de réduire les biais d'interprétation.

Tableau 7 de l'échelle de Likert à cinq points

Modalité	Valeur
Pas du tout d'accord	1
Pas d'accord	2
Neutre	3
D'accord	4
Tout à fait d'accord	5

Source: Élaboré par nos mêmes

La fiabilité de l'instrument de mesure a été vérifiée à l'aide du coefficient alpha de Cronbach, dont les résultats ont montré une cohérence interne satisfaisante ($\alpha > 0,75$) pour l'ensemble des dimensions étudiées, conformément aux recommandations de Nunnally et Bernstein (1994).

Afin d'interpréter correctement les résultats, des intervalles d'évaluation ont été définis en se basant sur la formule suivante :

$$\text{Intervalle} = (5 - 1) / 5 = 0,8$$

Cette démarche permet de répartir les niveaux d'interprétation de manière homogène. En ajoutant progressivement la valeur de 0,8, les différents intervalles d'évaluation ont été établis comme suit :

Tableau 8 Tableau d'évaluation

Intervalle	Interprétation
[1; 1.8[	Pas du tout d'accord
[1.8; 2.6[	Pas d'accord
[2.6; 3.4[	Neutre
[3.4; 4.2[	D'accord
[4.2; 5]	Tout à fait d'accord

Source: Élaboré par nos soins

Les questions portent sur plusieurs dimensions clés :

- La **planification des tournées** (organisation, optimisation des itinéraires, prise en compte des contraintes) ;
- L'**utilisation des outils de planification intelligents** (logiciels, accès à l'information en temps réel, adaptation aux imprévus) ;
- La **gestion opérationnelle** (chargement des véhicules, organisation des zones, réduction des déplacements inutiles) ;
- La **performance des tournées** (efficacité, productivité, qualité de service) ;
- Les **difficultés rencontrées** (trafic, variabilité des commandes, complexité des références).

Ce dispositif permet de mesurer la relation entre la variable indépendante (planification intelligente) et la variable dépendante (performance des tournées).

1.3.2. Les données internes de l'entreprise

En complément du questionnaire, cette étude s'appuie également sur l'exploitation de données internes de l'entreprise SARL DRACO, rendues accessibles dans le cadre du stage.

Ces données proviennent du système d'information interne de l'entreprise et concernent principalement :

- Les informations relatives aux tournées de livraison (itinéraires, nombre de clients, zones

desservies) ;

- Les données sur les commandes et volumes livrés ;
- Les éléments liés à la gestion des véhicules (taux de remplissage, affectation) ;
- Les indicateurs de performance logistique (délais de livraison, taux de service, etc.).

Par ailleurs, des entretiens informels non structurés ont été réalisés de manière officieuse avec différents acteurs clés de l'entreprise, notamment:

- Des planificateurs de tournées,
- Des superviseurs logistiques,
- Des responsables IT.

Ces échanges ont permis de mieux comprendre :

- Le fonctionnement réel des outils de planification utilisés,
- Les contraintes opérationnelles rencontrées,
- Ainsi que les limites des systèmes actuels.

L'accès à ces différentes sources d'information a permis d'enrichir l'analyse et de croiser les données quantitatives issues du questionnaire avec des éléments qualitatifs et opérationnels, renforçant ainsi la pertinence des résultats obtenus.

1.4. Population et échantillonnage

La population étudiée dans le cadre de cette recherche est constituée de l'ensemble du personnel impliqué dans les activités de distribution et de livraison au sein de l'entreprise SARL DRACO.

Cependant, compte tenu des contraintes de temps et d'accessibilité, nous avons opté pour un échantillonnage non probabiliste, plus précisément un échantillonnage de convenance. Ce choix se justifie par la facilité d'accès aux répondants disponibles et directement concernés par l'objet de l'étude.

L'échantillon retenu est composé principalement de Livreurs,

Ces acteurs ont été privilégiés car ils sont directement impliqués dans l'exécution des tournées de livraison et disposent d'une connaissance pratique des contraintes opérationnelles, de l'organisation des tournées et de l'utilisation des outils de planification.

Par ailleurs, afin d'enrichir l'analyse, des informations qualitatives ont été recueillies auprès de :

- Planificateurs de tournées,
 - Responsables IT,
- à travers des entretiens informels.

Ainsi, l'échantillon permet de combiner une vision opérationnelle (terrain) et organisationnelle (pilotage et systèmes), assurant une meilleure compréhension du phénomène étudié.

Section 2: Cadre organisationnel – Cas SARL DRACO

Dans cette section, nous allons présenter le cadre organisationnel de l'étude, à travers une analyse de l'entreprise support, à savoir la SARL DRACO. Cette présentation permet de situer le contexte réel dans lequel s'inscrit notre recherche, notamment en ce qui concerne les activités de distribution, le système de vente ainsi que l'organisation logistique de l'entreprise.

L'objectif de cette section est de fournir une compréhension globale du fonctionnement de SARL DRACO, afin de mieux interpréter les résultats de l'étude et d'analyser l'impact des outils de planification intelligente sur l'optimisation des tournées de livraison.

2.1. Présentation de SARL DRACO

La SARL DRACO est une entreprise de distribution opérant en Algérie depuis 2008, filiale du Fattal Group holding (filiale de CMA CGM), un groupe international fondé en 1897 et spécialisé dans la distribution de marques premium dans plusieurs pays.

En Algérie, DRACO avec capitale sociale de 100 000 000 DA, dispose d'une organisation territoriale structurée à travers trois principales branches situées à Alger, Oran et Sétif. Le siège principal est localisé à Ouled Brahim, section 06, îlot 374, Hammadi (Boumerdès). Cette implantation permet à l'entreprise d'assurer une couverture logistique efficace du territoire national.

L'activité de DRACO repose sur la distribution de produits classés en deux grandes catégories:

- Food (produits alimentaires)
- Non Food (produits non alimentaires)

L'entreprise assure la distribution d'un portefeuille diversifié de marques internationales et locales, en s'adressant à une clientèle composée de grandes surfaces, de supérettes, de magasins spécialisés et d'autres circuits de distribution.

Grâce à l'expertise du groupe Fattal et à son ancrage local, DRACO a développé un système de distribution performant, adapté aux contraintes du marché algérien, notamment en milieu urbain.

Sur le plan géographique, l'entreprise assure la distribution à l'échelle nationale pour les produits importés, tandis que sa force de vente est principalement concentrée dans la région d'Alger, couvrant un réseau diversifié de clients.

2.2. Historique et évolution

L'évolution de la SARL DRACO, filiale de Fattal Group Holding, témoigne d'une transformation profonde. Son parcours est marqué par un élargissement constant de son portefeuille et une adaptation agile aux mutations économiques.

2.2.1. Étape de Fondation et de Rayonnement International (2008 – 2019)

Cette période est consacrée à l'implantation et à la consolidation de marques internationales majeures sur le marché algérien.

- **Lancement et structuration (2008-2012):** L'activité débute en 2008 avec Loacker (Food) et Vileda (Non-Food). L'année 2009 marque un tournant avec l'intégration du Groupe Ferrero (Nutella, Kinder, Raffaello, Ferrero Rocher, Tic Tac). La croissance se poursuit avec Haribo et BIC en 2011, puis General Mills et Géant Vert en 2012.
- **Consolidation du réseau (2013-2019):** DRACO diversifie ses segments avec Perfetti (Mentos, Chupa Chups) et le géant Colgate-Palmolive en 2013. Le segment café s'ouvre avec JDE (2016), suivi en 2018 par l'arrivée du Groupe Ülker (Alpella, Biskrem) et du Thé Sultan.

2.2.2. Étape de Rupture et de Mutation Opérationnelle (2020 – 2022)

Cette phase est caractérisée par une double contrainte: la crise sanitaire du COVID-19 et la Fermeture des importations en Algérie.

- **Réorientation stratégique:** Face à l'impossibilité d'importer certains flux, DRACO a dû réinventer son modèle. L'entreprise a mobilisé sa force de vente pour promouvoir et distribuer des produits locaux, garantissant ainsi sa survie et sa présence sur le marché.
- **Adaptation du catalogue:** Durant cette transition, DRACO intègre la marque L'OR en 2020. En 2022, elle renforce son ancrage local et régional en s'associant aux marques Falait et IFFCO, compensant ainsi les barrières liées aux importations par une exploitation intensive du réseau de distribution domestique.

2.2.3. Étape d'Industrialisation et de Souveraineté Logistique (2023 – Avril 2026)

L'après-crise marque un tournant définitif vers l'indépendance productive et la diversification des segments.

- **Diversification des flux (2025):** L'entreprise s'implante dans la cosmétique avec Labonedjma (marque Flux Care) et l'entretien automobile avec Speedfire.
- **Le passage à la production (ALGO PROD):** L'événement majeur est la création en 2025 de la filiale ALGO PROD. En devenant producteur officiel des produits BIC en Algérie, DRACO passe d'un statut de distributeur à celui de producteur industriel.
- **Perspective 2026:** Cette évolution, consolidée jusqu'en avril 2026, marque l'aboutissement d'une stratégie d'intégration verticale. Elle permet de sécuriser la chaîne logistique en réduisant la dépendance aux flux extérieurs grâce à une fabrication nationale.

Figure 5 HISTORIQUE ET EVOLUTION DES PRODUIT DISTRIBUIT PAR SARL DRACO



SOURCE :donnees d'entreprise

2.3. Activités et portefeuille produits

L'activité principale de la SARL DRACO repose sur la distribution d'un portefeuille diversifié de produits, structuré autour de plusieurs catégories adaptées aux besoins du marché algérien. Actuellement, l'entreprise se concentre principalement sur des produits locaux et internationaux, organisés selon des segments spécifiques, notamment les produits alimentaires, les produits cosmétiques, les produits d'entretien automobile et les produits de la marque BIC.

Cette diversité de produits implique une gestion logistique complexe, notamment en matière de stockage, de préparation des commandes et d'organisation des tournées de livraison.

2.3.1. Produits alimentaires

La catégorie des produits alimentaires constitue une part importante de l'activité de DRACO, notamment à travers la distribution des produits de la marque Falait.

Cette gamme comprend plus de 40 références (SKU) de produits fromagers, commercialisés

sous différentes formes telles que :

- Portions (8, 16, 24, 32 unités)
- Boudins
- Barquettes
- Jarres
- Tranches (slice)
- Seaux
- Formats spécifiques (Cuisto, cannette, barre, fondu, etc.)

Ces produits sont commercialisés sous différentes marques telles que Cheezy, Tartino (Junior et Excellence) et Siplais.

Du point de vue logistique, ces produits se caractérisent par :

- Une forte rotation
- Une diversité de formats
- Une nécessité d'organisation rigoureuse des livraisons

Cela implique une planification efficace des tournées afin d'assurer la disponibilité continue des produits chez les clients.

2.3.2. Produits cosmétiques (Labonedjma – Flux Care...)

La SARL DRACO distribue également une large gamme de produits cosmétiques, notamment ceux de la société Labonedjma, avec un portefeuille dépassant les 450 références (SKU).

Ces produits couvrent plusieurs segments, notamment :

- Shampoings et après-shampoings
- Gels douche
- Déodorants
- Masques capillaires
- Eaux de toilette et parfums
- Eaux de Cologne
- Crèmes et savons

Cette gamme s'adresse à une clientèle diversifiée incluant les hommes, les femmes et

les bébés.

Sur le plan logistique, cette catégorie se distingue par :

- Une grande variété de références
- Des volumes variables
- Une dispersion importante des produits dans les commandes

Ce qui complique la préparation des commandes et nécessite une organisation optimisée des tournées de livraison.

2.3.3. Produits d'entretien automobile

DRACO distribue également des produits d'entretien automobile, notamment ceux de la marque Speedfire.

Cette gamme comprend :

- Produits de nettoyage intérieur (tableau de bord)
- Nettoyants jantes
- Produits multi-usages (all-in-one)
- Nettoyants vitres

Ces produits présentent des caractéristiques logistiques spécifiques, notamment :

- Des volumes parfois importants
- Des conditionnements variés
- Une manipulation particulière

Ils nécessitent donc une bonne organisation du chargement des véhicules afin d'optimiser l'espace et les tournées.

2.3.4. Produits de la marque BIC

La SARL DRACO assure également la distribution des produits de la marque BIC, comprenant plusieurs catégories :

- Rasoirs (BIC 1 Sensitive, BIC Flex 2, BIC Flex 3, BIC Pure, rasoirs pour femmes)
- Briquets (BIC Lighter)
- Articles d'écriture (stylos)

Dans une logique d'évolution stratégique, l'entreprise a lancé la production locale de rasoirs BIC à travers une unité industrielle implantée au sein du même site logistique. Cette

production marque une étape importante dans l'intégration des activités de DRACO.

Les produits BIC se caractérisent par :

- Une forte demande
- Un volume important de distribution
- Une facilité relative de stockage et de transport

Tableau 9 Structure du portefeuille produits de SARL DRACO

Catégorie	Marques / Produits	Nombre de SKU	Types de produits	Caractéristiques logistiques
Produits alimentaires (Food)	Falait (Cheezy, Tartino, Siplais)	85 SKU	Fromages: portions (8/16/24/32), boudin, barquette, jarre, slice, seau, fondu, barre, cannette	Forte rotation, diversité de formats, nécessite livraisons fréquentes et organisation rigoureuse des tournées
Produits cosmétiques	Labonedjma (Flux Care...)	500 SKU	Shampooing, après-shampooing, gel douche, déodorant, masque capillaire, parfum, eau de toilette, eau de Cologne, crème, savon	Très grande diversité de références, dispersion dans les commandes, complexité élevée de préparation et planification
Produits d'entretien automobile	Speedfire	45 SKU	Nettoyage tableau de bord, jantes, vitres, produits all-in-one	Produits volumineux, conditionnements variés, nécessite optimisation du chargement des véhicules
Produits BIC	BIC (rasoirs, briquets, stylos)	4 SKU	Rasoirs (Sensitive, Flex 2, Flex 3, Pure, femme), briquets, stylos	Forte demande, produits faciles à transporter, intégration production locale

				(rasoirs)
--	--	--	--	-----------

Source: Élaboré par nos soins à partir des données internes de l'entreprise.

2.4. Les types de vente et système de distribution

La SARL DRACO adopte un système de distribution hybride reposant sur deux principaux modes de vente, à savoir la prévente et le Cash Van. Ces deux systèmes permettent à l'entreprise de couvrir efficacement le marché tout en s'adaptant aux contraintes du milieu urbain.

2.4.1. Le système de pré-vente

Le système de prévente repose sur une séparation entre la prise de commande et la livraison. Dans ce modèle, les prévendeurs, équipés de motos, effectuent quotidiennement des tournées planifiées à l'aide d'une application interne développée par l'entreprise. Cette application leur permet de consulter :

- la liste des clients à visiter
- les produits disponibles
- l'état du stock

Le prévedendor visite successivement les clients et collecte leurs commandes.

Le lendemain, un livreur prend en charge la tournée de livraison. À l'aide de la même application, il accède :

- à la liste des clients à livrer
- Aux commandes à charger

Le livreur effectue ensuite la livraison des produits, tout en assurant :
la collecte des paiements (cash ou crédit)

- la gestion des retours éventuels

En fin de journée, il retourne au dépôt pour :

- déposer les fonds collectés
- restituer les produits retournés
- régulariser les écarts éventuels

Ce système permet une meilleure planification des tournées et une optimisation du chargement des véhicules.

2.4.2. Le système Cash Van (vente directe)

Le système Cash Van repose sur un principe de vente directe. Les livreurs chargent leurs véhicules avec différents types de produits avant de démarrer leur tournée.

Contrairement à la prévente, la vente s'effectue directement chez le client lors de la visite.

Le livreur :

- Propose les produits disponibles
- Réalise la vente sur place
- Encaisse immédiatement le paiement
- Ce mode de distribution permet :
 - Une grande réactivité
 - Une flexibilité commerciale
 - Une adaptation rapide à la demande

En fin de journée, le livreur retourne au dépôt pour :

- Régler les comptes avec le service concerné
- Remettre les fonds collectés
- Ajuster les stocks restants

Tableau 10 Comparatif des systèmes de distribution

Critères	Prévente	Cash Van
Principe	Commande puis livraison différée	Vente directe sur le terrain
Acteurs	Prévedeur + livreur	Livreur uniquement
Outil utilisé	Application DRACO (planification tournée + commandes)	Application + stock embarqué
Processus	Reception commandes / Jour 2: livraison	Vente et livraison immédiates
Gestion des tournées	Planifiée à l'avance	Flexible mais moins prévisible
Chargement	Optimisé selon commandes	Basé sur estimation
Paiement	Lors de la livraison	Immédiat

Avantages	tion logistique, meilleure organisation	Rapidité, flexibilité commerciale
Inconvénients	Délai entre commande et livraison	que de rupture ou surstock

Source: Élaboré par nous même

Conclusion

À travers ce chapitre, nous avons présenté les fondements méthodologiques ainsi que le contexte organisationnel de notre étude. Dans un premier temps, la démarche méthodologique adoptée a permis de préciser les choix relatifs à l'approche de recherche, aux outils de collecte des données, à la population étudiée ainsi qu'aux méthodes d'analyse statistique utilisées, notamment à travers le logiciel SPSS. Cette rigueur méthodologique garantit la fiabilité et la validité des résultats obtenus.

Dans un second temps, l'étude du cadre organisationnel a permis de situer l'analyse dans son environnement réel, en présentant l'entreprise SARL DRACO, ses activités, son système de distribution ainsi que son organisation logistique. Cette contextualisation est essentielle pour comprendre les enjeux liés à la gestion des tournées de livraison et à l'intégration des outils de planification intelligente.

Ainsi, ce chapitre constitue une base essentielle pour l'analyse empirique développée dans le chapitre suivant, qui sera consacré à l'étude des résultats, à leur interprétation et à la formulation de recommandations visant à améliorer la performance des tournées de livraison.

CHAPITRE III: ANALYSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION

Introduction

Après avoir présenté la méthodologie de recherche adoptée, basée sur une approche quantitative, ainsi que le contexte général de la SARL DRACO Algérie, ce chapitre est consacré à l'analyse et à l'interprétation des résultats issus de l'enquête terrain.

L'analyse s'inscrit dans une logique progressive permettant d'évaluer l'impact de l'intégration d'un outil de planification intelligente des tournées sur la performance logistique. Dans un premier temps, une comparaison est réalisée entre la situation avant et après l'adoption de l'outil, afin de mettre en évidence les principales améliorations observées en termes d'organisation des tournées, de coûts et de performance opérationnelle.

Dans un second temps, une analyse statistique des données recueillies est effectuée afin de mieux comprendre les relations entre les variables étudiées, notamment la planification des tournées et la performance de livraison. Cette étape inclut des tests de fiabilité et des analyses descriptives permettant de valider la cohérence des données collectées.

Enfin, le chapitre se termine par l'application de tests statistiques avancés, à savoir l'analyse de corrélation et la régression linéaire, dans le but de mesurer l'intensité et la nature de l'impact de la planification intelligente sur la performance logistique. Les résultats obtenus seront ensuite discutés et interprétés en lien avec les objectifs de la recherche et le cadre théorique.

Section 1: Analyse comparative de la planification des tournées chez DRACO

Après avoir présenté le cadre conceptuel et la démarche méthodologique de l'étude, ce chapitre est consacré à l'analyse des résultats obtenus ainsi qu'à leur interprétation. L'objectif principal est d'évaluer, de manière concrète et mesurable, l'impact des outils de planification intelligente sur l'optimisation des tournées de livraison au sein de la SARL DRACO.

Dans un premier temps, une analyse comparative de la planification des tournées sera réalisée, en mettant en évidence les différences entre la situation avant et après l'intégration des outils intelligents, notamment en termes de méthodes de travail, de contraintes opérationnelles et de performance logistique.

Dans un deuxième temps, les résultats issus du questionnaire seront analysés à travers une approche descriptive et statistique, incluant l'étude des corrélations et des relations de régression entre les variables, afin de mesurer l'intensité de l'impact de la planification intelligente sur la performance des tournées.

Ensuite, une discussion des résultats permettra de confronter les données quantitatives aux observations du terrain, dans le but de valider la problématique de recherche et de vérifier les hypothèses formulées.

Enfin, ce chapitre se conclura par la formulation de recommandations opérationnelles visant à améliorer davantage la performance logistique, tout en identifiant les limites de l'étude et les perspectives de recherche futures.

3.1.1 Méthodes de planification utilisées (avant)

Avant l'implémentation des outils de planification intelligente (avant juillet 2020), la gestion des tournées de livraison au sein de la SARL DRACO reposait essentiellement sur des méthodes traditionnelles, caractérisées par une faible digitalisation et une forte dépendance aux processus manuels.

Dans le système de prévente, les prévendeurs effectuaient leurs tournées sans disposer d'une visibilité en temps réel sur l'état des stocks disponibles. Les commandes étaient collectées tout au long de la journée, puis saisies en fin de journée au niveau du système central. Ce mode de fonctionnement reposait sur le principe du « premier arrivé, premier servi », ce qui entraînait fréquemment des situations où certaines commandes, bien que prises en premier, n'étaient pas satisfaites en raison de l'indisponibilité des produits au moment de la préparation.

La planification des tournées de livraison s'effectuait de manière quotidienne, sur la base des commandes enregistrées. Les données de stock étaient récupérées en amont, puis les commandes étaient imprimées sous forme de documents physiques. Le processus de préparation dépendait fortement de ces impressions, ce qui rendait l'ensemble du système vulnérable aux pannes techniques, notamment en cas de défaillance des imprimantes.

Les commandes, pouvant atteindre plusieurs centaines par jour (par exemple 200 commandes), étaient ensuite regroupées manuellement en fonction du nombre de véhicules disponibles. Le dispatching était réalisé selon des critères simples tels que le chiffre d'affaires généré par commande et la localisation géographique, généralement limitée à des zones larges (Alger Est et Ouest), sans optimisation fine des itinéraires.

3.1.2 Limites et contraintes de la planification traditionnelle

Ce système présentait plusieurs limites majeures impactant directement l'efficacité des tournées de livraison.

Tout d'abord, l'absence de visibilité en temps réel sur les stocks constituait une contrainte critique. Les prévendeurs pouvaient enregistrer des commandes sans garantie de disponibilité, ce qui générait des ruptures et une insatisfaction client. De plus, le décalage entre la prise de commande et la mise à jour du stock, conditionnée par la facturation et le traitement des retours, accentuait les erreurs de planification.

Ensuite, l'absence de traçabilité des opérations représentait un frein important. Ni les livreurs ni les équipes back-office ne disposaient d'informations précises sur :

- Les produits réellement chargés dans les véhicules
- Le déroulement des tournées (heure de départ, durée, séquence de visite)
- La localisation des véhicules
- L'état du stock embarqué
- Le montant exact des encaissements réalisés

Le suivi des performances reposait essentiellement sur des déclarations en fin de journée, via des bordereaux remplis manuellement par les livreurs. Cette méthode limitait fortement la fiabilité des données et empêchait toute analyse détaillée.

Par ailleurs, l'absence d'indicateurs clés tels que le *drop size*, la durée de visite par client ou encore la productivité par tournée ne permettait pas d'évaluer efficacement la performance logistique. Il était donc difficile d'identifier les inefficacités ou d'améliorer l'organisation des tournées.

Par ailleurs, l'absence d'un système structuré de planification et de suivi des tournées laissait une grande marge d'improvisation aux livreurs dans l'exécution de leurs missions. En effet, ces derniers disposaient d'une liberté importante dans l'organisation de leurs tournées, notamment en ce qui concerne le choix des clients à livrer en priorité, l'ordre de visite ainsi que les itinéraires à emprunter.

Cette autonomie non encadrée, bien qu'elle puisse offrir une certaine flexibilité, entraînait plusieurs inefficacités opérationnelles. Les décisions prises sur le terrain reposaient souvent sur des jugements individuels plutôt que sur une optimisation globale, ce qui pouvait engendrer :

- Des détours inutiles et une augmentation des distances parcourues,
- Une surconsommation de carburant,
- Une perte de temps dans l'exécution des tournées,
- Ainsi que des commandes non livrées malgré leur planification initiale.

En outre, l'absence de suivi en temps réel ne permettait pas de contrôler ou de corriger ces écarts, ce qui accentuait les variations de performance entre les livreurs et limitait la capacité de l'entreprise à standardiser ses opérations.

Enfin, la rigidité du système, dépendant fortement des supports papier, rendait difficile toute adaptation aux imprévus, notamment en cas de modification des commandes ou de contraintes terrain.

3.1.3 Analyse des performances des tournées (avant)

En l'absence d'outils de planification intelligente, la performance des tournées de livraison était globalement limitée et difficile à mesurer de manière précise.

Les principaux indicateurs de performance, tels que le nombre de clients visités, la durée des tournées, le taux de satisfaction des commandes ou encore le niveau de remplissage des véhicules, n'étaient pas systématiquement suivis. L'évaluation des performances reposait principalement sur des estimations et des retours déclaratifs.

De plus, l'absence de données en temps réel empêchait toute analyse comparative entre les tournées ou entre les livreurs. Il n'était pas possible de vérifier la cohérence des parcours, d'optimiser les séquences de visite ou d'identifier les écarts de performance.

Ainsi, ce système traditionnel limitait fortement la capacité de l'entreprise à optimiser ses tournées de livraison, à améliorer sa productivité et à répondre efficacement à la demande des clients. Ces contraintes ont progressivement conduit l'entreprise à envisager l'intégration d'outils de planification intelligente afin d'améliorer la visibilité, la traçabilité et la performance globale de ses opérations logistiques.

3.2 Planification des tournées après l'intégration des outils de planification intelligente

Suite à l'intégration des outils de planification intelligente, le processus de gestion des tournées de livraison au sein de l'entreprise a connu une transformation significative. Le passage d'un système traditionnel, basé sur des interventions manuelles et une visibilité limitée, à un système digitalisé et automatisé a permis d'améliorer la coordination des opérations et la maîtrise des flux logistiques.

Dans cette partie, nous allons analyser le fonctionnement actuel de la planification des tournées, en mettant en évidence le processus adopté, le rôle des différents acteurs ainsi que les mécanismes de suivi et d'ajustement en temps réel. Une attention particulière sera accordée à l'évaluation des performances obtenues après l'intégration de l'outil, afin de mesurer les gains réalisés en termes d'efficacité, de productivité et de qualité de service.

L'objectif de cette analyse est de comprendre comment l'utilisation des outils de planification intelligente contribue à structurer les opérations, à réduire les inefficacités et à optimiser la performance globale des tournées de livraison.

3.2.1 Processus de planification des tournées

À la suite des limites du système traditionnel, la SARL DRACO a mis en place un outil de planification intelligente développé à partir d'un cahier des charges interne, définissant les besoins opérationnels spécifiques de l'entreprise. Après une phase de recherche, une solution personnalisée a été adoptée, basée sur une application mobile installée sur terminaux (type Infinix) et développée par l'entreprise spécialisée en solutions informatiques **Intelix**, à travers sa plateforme **SILWANE**, configurée selon les exigences de DRACO.

L'objectif principal de cet outil est d'automatiser le système de distribution, de réduire les interventions humaines non contrôlées et d'éliminer les improvisations opérationnelles. Il permet également de supprimer la dépendance aux supports physiques (papier, impressions), garantissant ainsi une continuité des opérations.

Le processus débute dès la prise de commande, qui déclenche automatiquement un *workflow* intégré. L'outil prend en charge les deux principaux systèmes de vente (prévente et cash van), tout en intégrant un mode hybride permettant aux livreurs d'écouler les marchandises

non livrées en mode cash van, dans une logique d'optimisation des ventes et de réduction des retours.

Par ailleurs, afin d'optimiser la planification stratégique des tournées, l'entreprise fait appel à un bureau de consulting spécialisé, **ELIVIK**, chargé de proposer des scénarios de routage optimaux. Ces scénarios sont élaborés sur la base des données de l'entreprise (clients, flotte, historique des ventes, ressources) en intégrant les modèles de résolution du problème de tournées de véhicules (VRP), notamment les contraintes de capacité, les fenêtres de temps et le *drop size*.

Les résultats fournis par ELIVIK sont ensuite intégrés dans le système, permettant la génération automatique des tournées de livraison quotidiennes, assurant ainsi une meilleure optimisation des ressources et une cohérence dans l'organisation des opérations.

3.2.2 Rôle des acteurs (planificateurs, livreurs, pilote outil)

Dans le cadre de l'intégration des outils de planification intelligente, l'organisation des tournées de livraison au sein de la SARL DRACO repose sur une répartition claire des rôles entre les différents acteurs. Cette structuration permet d'assurer une meilleure coordination des opérations et une optimisation globale des performances logistiques.

A. Le planificateur

Le planificateur joue un rôle central dans la gestion des tournées de livraison. Bien que l'outil génère automatiquement les tournées sur la base des données disponibles, son intervention reste essentielle pour assurer la cohérence et l'efficacité du plan.

Il est chargé de :

- valider les tournées générées par le système,
- ajuster la répartition des livraisons en fonction des contraintes opérationnelles (jours fériés, indisponibilité des ressources, variations de la demande),
- équilibrer la charge de travail entre les livreurs,
- optimiser l'affectation des tournées aux secteurs (Alger Est, Ouest et Centre).

Le planificateur peut également intervenir pour intégrer de nouveaux clients ou réorganiser les tournées en cas de changement dans la structure de la demande. Son rôle s'inscrit ainsi dans une logique d'optimisation continues.

B. Le livreur

Le rôle du livreur a connu une transformation importante avec l'introduction des outils de planification intelligente. Contrairement à l'ancien système, il n'est plus responsable de l'organisation de sa tournée, mais de son exécution.

L'outil lui fournit :

- une liste structurée des clients à livrer,
- une séquence de visite optimisée,
- des itinéraires proposés en fonction de la distance, du trafic et des contraintes horaires.

Le livreur suit les instructions de l'application, ce qui réduit considérablement les improvisations et améliore l'efficacité des tournées. Chaque livraison effectuée est enregistrée en temps réel, permettant un suivi précis des opérations.

Toutefois, le système reste semi-flexible, dans la mesure où le livreur peut s'écarter de l'itinéraire proposé. Cependant, ces écarts peuvent entraîner des pertes de temps, une surconsommation de carburant et une baisse de performance globale.

C. Le pilote de l'outil (support système)

Le pilote de l'outil, ou responsable du système, assure le bon fonctionnement de la plateforme de planification intelligente. Il joue un rôle technique et organisationnel essentiel dans la gestion des données et le suivi des opérations.

Ses principales missions consistent à :

- Superviser le fonctionnement de l'application,
- Assurer la disponibilité et la fiabilité des données (clients, produits, stock, tournées),
- Intervenir en cas de dysfonctionnement technique,
- Accompagner les utilisateurs (planificateurs, livreurs, prévendeurs) dans l'utilisation de l'outil.

Il contribue également à l'amélioration continue du système, en remontant les besoins opérationnels et en participant aux évolutions de la solution.

3.2.3 Suivi et ajustement des tournées en temps réel

L'un des apports majeurs de l'outil est la mise en place d'un suivi en temps réel des opérations.

Chaque tournée est suivie via un système de géolocalisation (GPS), permettant au back-office de visualiser :

- La position des véhicules,
- La séquence des visites,
- Les itinéraires empruntés,
- Le temps passé chez chaque client,
- Ainsi que l'avancement global de la tournée.

Le système met également à jour en temps réel :

- le stock embarqué dans chaque véhicule,
- les livraisons effectuées,
- les encaissements réalisés,
- et les éventuels retours de marchandise.

La liste des clients à livrer est dynamique et peut être ajustée automatiquement en fonction des conditions de trafic ou des contraintes horaires. Cette flexibilité permet d'améliorer la réactivité face aux imprévus.

Par ailleurs, l'outil permet d'identifier rapidement les écarts (stock, encaissement), facilitant ainsi leur traitement en fin de tournée. Le processus de clôture est désormais structuré, avec un contrôle physique des retours et une comparaison systématique entre les données théoriques et réelles.

3.2.4 Analyse des performances des tournées (après)

L'intégration des outils de planification intelligente au sein de la SARL DRACO a permis une amélioration significative de la performance des tournées de livraison, grâce à une meilleure organisation des opérations, une visibilité en temps réel et la disponibilité d'indicateurs de performance fiables.

Contrairement à la situation antérieure, l'entreprise dispose désormais d'un ensemble structuré de KPI permettant de mesurer, suivre et analyser la performance logistique de manière continue.

Parmi les principaux indicateurs utilisés, on retrouve en premier lieu les objectifs de chiffre d'affaires, qui permettent d'évaluer la performance commerciale des tournées en comparant les résultats réalisés aux objectifs fixés pour chaque livreur, secteur ou période.

L'efficacité opérationnelle des tournées est également mesurée à travers le nombre de visites planifiées par jour et le nombre de visites effectivement exécutées. Ces deux indicateurs permettent d'évaluer le respect du plan de tournée ainsi que la capacité des livreurs à couvrir l'ensemble des clients programmés.

Dans ce cadre, le *strike rate* constitue un indicateur clé, calculé comme le rapport entre les visites réalisées et les visites planifiées. Il reflète directement le niveau de réussite des tournées et permet d'identifier les écarts entre la planification et l'exécution.

Par ailleurs, l'analyse des horaires de travail est rendue possible grâce au suivi du temps moyen de départ et du temps moyen de clôture des tournées. Ces indicateurs permettent d'évaluer la durée globale des tournées et d'identifier les marges d'amélioration en termes d'organisation et de productivité.

L'outil permet également de mesurer le temps moyen de livraison par client, offrant ainsi une vision précise de la performance opérationnelle au niveau micro. Cet indicateur est essentiel pour optimiser la séquence des visites et réduire les pertes de temps.

Sur le plan de l'optimisation des ressources, le *drop size* (taille moyenne des commandes) constitue un indicateur déterminant. Il permet d'évaluer le volume moyen livré par client et d'optimiser le taux de remplissage des véhicules, contribuant ainsi à une meilleure rentabilité des tournées.

Enfin, le nombre moyen de SKU par vente permet d'analyser la diversité des produits vendus par client, ce qui constitue un indicateur pertinent de la performance commerciale et de la qualité de la couverture des besoins clients. L'ensemble de ces indicateurs, disponibles en temps réel grâce à l'outil de planification intelligente, offre à l'entreprise une capacité accrue de suivi, d'analyse et de prise de décision. Ils permettent non seulement d'évaluer la performance des tournées, mais aussi d'identifier les axes d'amélioration et d'optimiser en continu l'organisation logistique.

3.3 Analyse comparative avant / après

Afin d'évaluer de manière objective l'apport des outils de planification intelligente, il est essentiel de procéder à une analyse comparative entre la situation antérieure et la situation actuelle. Cette démarche permet de mettre en évidence les transformations opérées au niveau des méthodes de travail, de l'organisation des tournées et des performances logistiques.

Dans cette partie, nous allons comparer les principaux indicateurs de performance des tournées de livraison, tels que la distance parcourue, les délais, les coûts ainsi que le niveau de service. Nous analyserons également l'impact de l'intégration des outils intelligents sur l'optimisation des tournées, en identifiant les améliorations observées et les changements structurels introduits dans le système de distribution.

L'objectif de cette analyse comparative est de mesurer concrètement les gains réalisés et de démontrer la valeur ajoutée des outils de planification intelligente dans l'amélioration de la performance logistique de l'entreprise.

3.3.1 Comparaison des indicateurs logistiques (distance, délai, coût...)

L'analyse comparative entre la situation avant et après l'intégration des outils de planification intelligente au sein de la SARL DRACO met en évidence des améliorations significatives au niveau des principaux indicateurs logistiques.

Avant l'implémentation du système, les tournées étaient caractérisées par une absence d'optimisation des itinéraires, ce qui entraînait des distances parcourues relativement élevées. Les livreurs, disposant d'une grande liberté dans le choix de leurs trajets, empruntaient souvent des itinéraires non optimisés, générant des détours inutiles et une augmentation des coûts liés au carburant.

Après l'intégration de l'outil, les tournées sont désormais construites sur la base d'algorithmes de routage prenant en compte la proximité géographique, les contraintes de

trafic et les fenêtres de temps. Cela a permis une réduction notable des distances parcourues et une meilleure rationalisation des déplacements.

En ce qui concerne les délais, le système traditionnel présentait une forte variabilité dans les temps de livraison, liée notamment à l'absence de planification structurée et de suivi en temps réel. Les retards étaient fréquents, et il était difficile d'identifier les causes des inefficacités.

Avec le nouveau système, la planification optimisée et le suivi en temps réel permettent une meilleure maîtrise des délais. Les temps de livraison par client sont désormais mesurables et peuvent être optimisés, ce qui contribue à une amélioration globale de la qualité de service.

Sur le plan des coûts, la situation antérieure était marquée par une utilisation inefficace des ressources, notamment en termes de consommation de carburant et de temps de travail. L'absence de visibilité empêchait toute analyse précise des coûts logistiques.

L'introduction des outils de planification intelligente a permis d'optimiser l'utilisation des véhicules (meilleur taux de remplissage grâce au *drop size*), de réduire les distances inutiles et d'améliorer la productivité des livreurs. Ces éléments contribuent à une réduction significative des coûts opérationnels.

Par ailleurs, des indicateurs tels que le *strike rate*, le nombre de visites exécutées, ou encore le nombre de factures par jour (*Invoices per Day*) montrent une amélioration de la performance globale des tournées, traduisant une meilleure adéquation entre la planification et l'exécution.

3.3.2 Impact des outils de planification intelligente sur l'optimisation des tournées

L'intégration des outils de planification intelligente a profondément transformé la gestion des tournées de livraison au sein de l'entreprise.

Tout d'abord, ces outils ont permis de passer d'une logique de planification empirique à une approche basée sur les données et les algorithmes d'optimisation (VRP). Cette transformation a réduit considérablement les marges d'improvisation et permis une standardisation des opérations logistiques.

Ensuite, la visibilité en temps réel constitue un apport majeur. Elle permet un suivi précis des tournées, une détection rapide des anomalies et une capacité d'intervention immédiate en cas de problème. Cette réactivité améliore la fiabilité des livraisons et la satisfaction client.

De plus, l'outil a permis une meilleure gestion des ressources, en optimisant l'affectation des véhicules et des livreurs, ainsi que le remplissage des véhicules en fonction du *drop size*. Cela contribue à une utilisation plus efficace des capacités disponibles.

L'automatisation des processus, notamment au niveau de la préparation des commandes et de la génération des tournées, a également permis de réduire les délais de traitement et d'améliorer la productivité globale.

Enfin, l'analyse des performances basée sur des indicateurs précis permet une amélioration continue. L'entreprise peut désormais identifier les écarts, analyser les causes des inefficacités et ajuster ses opérations en conséquence.

3.3.3 Synthèse des améliorations observées

L'analyse comparative met en évidence une amélioration globale et significative de la performance des tournées de livraison suite à l'intégration des outils de planification intelligente.

Avant leur mise en place, le système était caractérisé par une faible visibilité, une forte dépendance aux processus manuels et une importante marge d'improvisation, ce qui limitait l'efficacité des opérations logistiques.

Après l'implémentation, l'entreprise bénéficie d'un système structuré, automatisé et piloté par les données, permettant :

- Une optimisation des itinéraires et une réduction des distances parcourues,
- Une meilleure maîtrise des délais de livraison,
- Une réduction des coûts opérationnels,
- Une amélioration de la productivité des tournées,
- Une visibilité en temps réel sur l'ensemble des opérations,
- Et une amélioration de la qualité de service.

En outre, la disponibilité d'indicateurs de performance fiables permet une gestion proactive des tournées et une optimisation continue des opérations.

Ainsi, les outils de planification intelligente apparaissent comme un levier stratégique majeur pour l'amélioration de la performance logistique, en particulier dans un contexte urbain caractérisé par des contraintes complexes.

Section 2: Analyse des Résultats du Questionnaire

Dans cette section, nous allons analyser les données recueillies à partir du questionnaire administré auprès des différents acteurs de l'entreprise. Cette analyse vise à mettre en évidence les perceptions des répondants concernant l'impact des outils de planification intelligente sur l'optimisation des tournées de livraison.

Dans un premier temps, nous présenterons les caractéristiques de l'échantillon afin de situer le profil des répondants. Ensuite, une analyse descriptive des variables permettra d'identifier les tendances générales liées à la planification intelligente et à la performance des tournées. Enfin, une analyse statistique approfondie, basée sur les tests de corrélation et de régression, sera réalisée afin d'évaluer la nature et l'intensité de la relation entre les variables étudiées. L'objectif de cette section est de fournir une lecture quantitative rigoureuse des résultats, permettant de valider les hypothèses de recherche et de mesurer l'impact réel des outils de planification intelligente sur la performance logistique.

2.1. Présentation de l'échantillon

L'enquête a été réalisée auprès de 45 professionnels du secteur de la livraison. Le questionnaire, administré en langue arabe, couvre deux grandes dimensions: la planification intelligente des tournées (variable indépendante) et la performance des tournées de livraison (variable dépendante). La présentation qui suit décrit les caractéristiques sociodémographiques et professionnelles de l'échantillon.

Par ailleurs, afin de vérifier la cohérence interne des items du questionnaire, une analyse de fiabilité a été effectuée à l'aide du coefficient Alpha de Cronbach. Les résultats obtenus montrent une excellente fiabilité de l'instrument de mesure, avec une valeur de **0,918**, ce qui confirme la robustesse et la consistance des échelles utilisées dans cette étude.

2.1.1. Répartition selon la fonction

Le tableau ci-dessous présente la distribution de l'échantillon selon la fonction occupée au sein de l'entreprise :

Tableau 11. Répartition selon la fonction

Fonction	Effectif	Pourcentage (%)
Transporteur / Livreur	43	95,6 %
Responsable de planification	2	4,4 %
Total	45	100 %

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

L'échantillon est composé majoritairement de transporteurs-livreurs (95,6 %), ce qui reflète la réalité du terrain dans les entreprises de distribution. La proportion de responsables de planification (4,4 %) est cohérente avec la structure hiérarchique des entreprises logistiques algériennes, où le personnel de terrain est le plus représenté. Cette composition garantit que les réponses reflètent une expérience opérationnelle directe des tournées de livraison.

2.1.2. Répartition selon l'expérience

L'expérience professionnelle constitue un indicateur clé de la fiabilité des perceptions recueillies. La distribution est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 12 Répartition selon l'expérience

Tranche d'expérience	Effectif	Pourcentage (%)
Moins de 3 ans	13	28,9 %
3 – 5 ans	14	31,1 %
5 – 10 ans	8	17,8 %
Plus de 10 ans	10	22,2 %
Total	45	100 %

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

La majorité des répondants (60,0 %) disposent d'une expérience comprise entre 3 et 10 ans, ce qui témoigne d'un niveau d'expertise intermédiaire à confirmer. Les professionnels ayant plus de 10 ans d'expérience représentent 22,2 % de l'échantillon, ce qui renforce la crédibilité des données recueillies. Concernant l'ancienneté dans l'entreprise, 31,1 % des répondants y travaillent depuis plus de 5 ans, témoignant d'une bonne connaissance des pratiques internes de planification.

2.1.3. Répartition selon l'ancienneté dans l'entreprise

L'ancienneté dans l'entreprise permet d'apprécier le degré de familiarisation des répondants avec les

pratiques internes de planification et les outils utilisés. La distribution est la suivante :

Tableau 13 Répartition selon l'ancienneté dans l'entreprise

Ancienneté dans l'entreprise	Effectif	Pourcentage (%)
Moins d'un an	12	26,7 %
De 1 à 3 ans	12	26,7 %
De 3 à 5 ans	7	15,6 %
Plus de 5 ans	14	31,1 %
Total	45	100 %

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

La distribution de l'ancienneté révèle une répartition équilibrée entre les profils récents et expérimentés. Les répondants ayant plus de 5 ans d'ancienneté constituent la catégorie la plus représentée (31,1 %), ce qui garantit un ancrage solide dans les pratiques de l'entreprise. Les catégories « moins d'un an » et « de 1 à 3 ans » représentent ensemble 53,4 % de l'échantillon, ce qui témoigne d'un renouvellement actif du personnel de terrain. Cette diversité d'ancienneté enrichit la qualité des perceptions recueillies en combinant les regards des profils récents et des profils confirmés sur l'efficacité des outils de planification.

2.1.4. Répartition selon le niveau académique

Le niveau d'instruction des répondants constitue un indicateur important pour comprendre leur capacité à utiliser et à évaluer les outils numériques de planification. La répartition est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 14 Répartition selon le niveau académique

Niveau académique	Effectif	Pourcentage (%)
Enseignement fondamental	14	31,1 %
Baccalauréat	24	53,3 %
Licence	3	6,7 %
Master	4	8,9 %
Total	45	100 %

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

Le niveau baccalauréat est le plus représenté avec 53,3 % des répondants, suivi de l'enseignement

fondamental (31,1 %). Les diplômés de l'enseignement supérieur (licence et master) représentent 15,6 % de l'échantillon. Cette composition reflète la structure typique du personnel de terrain dans le secteur de la distribution en Algérie, où les postes de livreur ne requièrent pas nécessairement un niveau d'études supérieur. Il est néanmoins notable que les titulaires d'un master ou d'une licence occupent majoritairement des postes de responsables de planification, ce qui est cohérent avec la répartition par fonction observée précédemment. La diversité des niveaux académiques renforce la représentativité de l'échantillon et la généralisation des résultats.

2.2. Analyse descriptive des variables

L'analyse descriptive permet d'identifier le niveau général de perception des répondants vis-à-vis des deux variables centrales de l'étude: la planification intelligente (VI) et la performance des tournées (VD). Les réponses suivent une échelle de Likert à 5 niveaux (1 = Pas du tout d'accord, 5 = Tout à fait d'accord).

2.2.1. Analyse de la planification intelligente (Variable Indépendante)

La variable « Planification intelligente » est opérationnalisée à travers 12 items regroupés en trois dimensions: l'organisation des tournées (P1–P4), l'utilisation des outils numériques (P5–P8) et la gestion opérationnelle (P9–P12).

Tableau 15 Analyse de la planification intelligente (Variable Indépendante)

Code	Item (description)	Moyenne	Écart-type	Interprétation
P1	Tournées planifiées de manière structurée	4,40	0,495	Élevé
P2	Itinéraires optimisés avant le départ	4,36	0,609	Élevé
P3	Localisation clients prise en compte	4,33	0,826	Élevé
P4	Contraintes de trafic considérées	4,29	0,695	Élevé
P5	Outils numériques utilisés	4,40	0,539	Élevé
P6	Application facilite l'organisation	4,44	0,725	Élevé
P7	Informations disponibles en temps réel	4,33	0,674	Élevé
P8	Tournées mises à jour en cas d'imprévu	4,27	0,618	Élevé
P9	Véhicules chargés de manière optimisée	4,00	0,977	Satisfaisant
P10	Regroupement clients par zone	4,24	0,679	Élevé
P11	Volume commandes pris en compte	4,13	0,919	Satisfaisant
P12	Réduction des déplacements inutiles	4,24	0,743	Élevé

Code	Item (description)	Moyenne	Écart-type	Interprétation
	MOYENNE GLOBALE (VI)	4,287	0,514	Élevé

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

La moyenne globale de la variable planification intelligente s'établit à $M = 4,287$ ($ET = 0,514$), ce qui indique un niveau de perception élevé et homogène parmi les répondants. L'item le mieux évalué est P6 « L'application facilite l'organisation des tournées » ($M = 4,44$), suivi de P1 et P5 ($M = 4,40$ chacun). Ces résultats traduisent une adoption effective des outils numériques de planification dans le cadre opérationnel quotidien. Les items P9 et P11, relatifs à la gestion de la charge des véhicules et du volume des commandes, obtiennent des moyennes légèrement inférieures (4,00 et 4,13) mais restent à un niveau satisfaisant.

La distribution des réponses confirme cette tendance positive: 54,4 % des répondants se déclarent « D'accord » et 39,3 % « Tout à fait d'accord » avec les affirmations relatives à la planification, ce qui représente un taux d'adhésion cumulé de 93,7 %. Seuls 3,1 % ont répondu « Neutre » et 3,1 % ont exprimé un désaccord.

2.2.2. Analyse de l'optimisation des tournées (Variable Dépendante)

La variable « Performance des tournées » est mesurée à travers 9 items répartis en trois dimensions: l'efficacité (T1–T3), la productivité (T4–T6) et la qualité de service (T7–T9).

Tableau 16 Analyse de l'optimisation des tournées (Variable Dépendante)

Code	Item (description)	Moyenne	Écart-type	Interprétation
T1	Réduction des distances parcourues	4,40	0,495	Élevé
T2	Livraisons réalisées dans les délais	4,33	0,564	Élevé
T3	Temps de livraison par client optimisé	4,29	0,661	Élevé
T4	Nombre de clients servis satisfaisant	4,13	0,757	Satisfaisant
T5	Taux de remplissage des véhicules élevé	3,98	0,965	Satisfaisant
T6	Ressources (temps, carburant) efficacement utilisées	4,31	0,514	Élevé
T7	Clients satisfaits du service	4,42	0,621	Élevé
T8	Erreurs de livraison rares	4,24	0,802	Élevé
T9	Retards peu fréquents	4,11	1,071	Satisfaisant
	MOYENNE GLOBALE (VD)	4,247	0,502	Élevé

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

La performance perçue des tournées de livraison atteint une moyenne globale de $M = 4,247$ ($ET = 0,502$), témoignant d'un niveau de performance élevé et cohérent avec les pratiques de planification en place. L'item T7 « Les clients sont satisfaits du service de livraison » est le mieux noté ($M = 4,42$), suivi de T1 « Réduction des distances » ($M = 4,40$), ce qui indique que les gains de la planification se répercutent directement sur la satisfaction client.

L'item T5, relatif au taux de remplissage des véhicules, affiche la moyenne la plus basse ($M = 3,98$) avec le plus fort écart-type ($ET = 0,965$), ce qui suggère une hétérogénéité des perceptions sur cet aspect et un potentiel d'amélioration. De même, T9 concernant la fréquence des retards présente une variabilité notable ($ET = 1,071$), reflétant des conditions opérationnelles non homogènes, notamment liées aux contraintes de trafic urbain.

2.2.3. Relation entre les dimensions de la variable indépendante et la variable dépendante

La variable indépendante « Planification intelligente » est décomposée en trois dimensions opérationnelles. L'analyse de la relation de chacune avec la performance des tournées (VD) permet d'identifier les leviers les plus déterminants :

- Dimension 1 (D1): Organisation des tournées (items P1 à P4) — planification structurée, choix des itinéraires, localisation des clients, gestion du trafic.
- Dimension 2 (D2): Utilisation des outils numériques (items P5 à P8) — applications de gestion, informations en temps réel, adaptation aux imprévus.
- Dimension 3 (D3): Gestion opérationnelle (items P9 à P12) — chargement des véhicules, segmentation par zone, volume des commandes, réduction des déplacements inutiles.

Le tableau suivant présente les statistiques descriptives et les corrélations de chaque dimension avec la performance :

Tableau 17 présente les statistiques descriptives et les corrélations de chaque dimension

Dimension	Items	Moyenne	Écart-type	r avec PERF	p-value	Interprétation
D1 — Organisation des tournées	P1–P4	4,344	0,512	$r = 0,641$	$< 0,001$	Forte
D2 — Outils numériques	P5–P8	4,361	0,510	$r = 0,807$	$< 0,001$	Très forte
D3 — Gestion opérationnelle	P9–P12	4,156	0,696	$r = 0,861$	$< 0,001$	Très forte
Performance (VD)	T1–T9	4,247	0,502	—	—	Variable

Dimension	Items	Moyenne	Écart-type	r avec PERF	p-value	Interprétation
						dépendante

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

Les trois dimensions entretiennent des relations positives et significatives avec la performance. La Dimension 3 (Gestion opérationnelle) présente la corrélation la plus forte ($r = 0,861$), suivie de la Dimension 2 (Outils numériques, $r = 0,807$), puis de la Dimension 1 (Organisation, $r = 0,641$). Cela révèle que la maîtrise des pratiques terrain et l'exploitation des outils numériques constituent les leviers les plus déterminants de la performance de livraison à la SARL DRACO.

La matrice de corrélation complète entre les dimensions et la variable dépendante est présentée ci-dessous :

Tableau 18 matrice de corrélation complète entre les dimensions et la variable dépendante

	D1 — Organisation	D2 — Outils num.	D3 — Gestion opér.	Performance (VD)
D1 — Organisation	1,000	0,797	0,596	0,641
D2 — Outils numériques	0,797	1,000	0,743	0,807
D3 — Gestion opérationnelle	0,596	0,743	1,000	0,861
Performance (VD)	0,641	0,807	0,861	1,000

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

La régression multiple intégrant les trois dimensions simultanément comme prédicteurs donne les résultats suivants :

Tableau 19 La régression multiple intégrant les trois dimensions

Paramètre	Valeur	Interprétation
R^2 multiple	0,8041	Les 3 dimensions expliquent 80,4 % de la variance de la performance
F (3, 41)	F = 56,10	Modèle globalement très significatif

Paramètre	Valeur	Interprétation
p-value (F)	< 0,0001	Rejet de l'hypothèse nulle pour le modèle global
b_D1 (Organisation)	-0,011	Effet marginal (intercorrélation avec D2 et D3)
b_D2 (Outils numériques)	0,376	Contribution positive significative
b_D3 (Gestion opérationnelle)	0,422	Plus forte contribution individuelle au modèle

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

Le modèle de régression multiple ($R^2 = 0,804$; $F(3,41) = 56,10$; $p < 0,0001$) confirme que les trois dimensions expliquent ensemble 80,4 % de la variance de la performance, dépassant la capacité du score global unique ($R^2 = 0,755$). La Dimension 3 contribue le plus au modèle ($b = 0,422$), suivie de D2 ($b = 0,376$). La Dimension 1 voit son effet propre absorbé en raison de sa forte intercorrélation avec D2 ($r = 0,797$). Ces résultats soulignent que l'optimisation des pratiques de terrain combinée à l'utilisation des outils numériques constitue le principal moteur de la performance logistique à la SARL DRACO.

2.2. Analyse statistique

Dans cette partie, nous allons procéder à une analyse statistique approfondie des données collectées afin d'examiner les relations entre les différentes variables de l'étude. Cette étape constitue un élément clé pour passer d'une simple description des résultats à une validation empirique des hypothèses de recherche.

À travers l'utilisation d'outils statistiques adaptés, notamment l'analyse de corrélation et l'analyse de régression, nous chercherons à mesurer l'intensité et la nature de la relation entre la planification intelligente et l'optimisation des tournées de livraison. Ces analyses permettront également d'évaluer le degré d'influence des différentes dimensions de la variable indépendante sur la performance logistique.

L'objectif de cette analyse statistique est ainsi de fournir des résultats quantifiables et scientifiquement fondés, permettant de confirmer ou d'infirmer les hypothèses formulées dans le cadre de cette recherche.

2.3.1. Analyse de corrélation

Afin d'examiner la relation entre la planification intelligente et la performance des tournées, nous avons calculé le coefficient de corrélation de Pearson (r). L'analyse de fiabilité préliminaire (Alpha de Cronbach) confirme la cohérence interne des deux instruments de mesure :

Tableau 20 L'analyse de fiabilité préliminaire (Alpha de Cronbach)

Variable	Nombre d'items	Alpha de Cronbach	Interprétation
Planification intelligente (VI)	12	$\alpha = 0,9115$	Excellente fiabilité
Performance des tournées (VD)	9	$\alpha = 0,8529$	Bonne fiabilité

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

Les coefficients alpha de Cronbach sont supérieurs au seuil recommandé de 0,70 (Nunnally, 1978), confirmant la fiabilité et la validité interne des deux échelles. La valeur $\alpha = 0,9115$ pour la planification intelligente indique une excellente cohérence interne.

Le coefficient de corrélation de Pearson entre les scores composites des deux variables révèle :

Tableau 21 coefficient de corrélation de Pearson

Indicateur	Valeur	Interprétation
Coefficient de corrélation (r)	0,8690	Corrélation très forte et positive
Seuil de significativité (p)	< 0,0001	Statistiquement très significatif
Coefficient de détermination (R^2)	0,7551	75,5 % de la variance expliquée
N	45	Taille de l'échantillon

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

Le coefficient $r = 0,869$ ($p < 0,0001$) indique une corrélation très forte et positive entre la planification intelligente des tournées et la performance de livraison. Cela signifie que plus les entreprises utilisent des outils de planification intelligente, plus leurs tournées de livraison sont performantes. Ce résultat est statistiquement très significatif et confirme l'existence d'une relation linéaire robuste entre les deux construits.

2.3.2. Analyse de régression

La régression linéaire simple permet de quantifier l'effet de la planification intelligente (VI) sur la performance des tournées (VD) selon le modèle: $\text{Performance} = a + b \times \text{Planification}$.

Tableau 22 Analyse de régression

Paramètre	Valeur	Interprétation
Coefficient de régression (b)	0,8502	Pour chaque unité d'amélioration de la planification, la performance augmente de 0,85 unité
Constante (a)	0,6022	Niveau de performance de base
R ² (coefficient de détermination)	0,7551	La planification explique 75,5 % de la variance de la performance
Corrélation (r)	0,8690	Très forte liaison linéaire

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

Le modèle de régression indique que la planification intelligente explique 75,51 % de la variance observée dans la performance des tournées ($R^2 = 0,7551$). Le coefficient de régression $b = 0,8502$ est positif et statistiquement significatif, ce qui confirme que l'amélioration des pratiques de planification intelligente entraîne une amélioration proportionnelle et substantielle de la performance des livraisons.

L'équation du modèle est donc: $\text{Performance} = 0,60 + 0,85 \times \text{Planification}$. Ce modèle possède une forte puissance prédictive, et les 24,5 % de variance non expliquée peuvent être attribués à des facteurs exogènes tels que les conditions de trafic, les variations de commandes et l'organisation interne des entreprises.

2.3.3. Test des hypothèses

Deux hypothèses principales ont été formulées dans le cadre de cette recherche :

H₀ (Hypothèse nulle): Les outils de planification intelligente n'ont pas d'impact significatif sur la performance des tournées de livraison.

H₁ (Hypothèse alternative): Les outils de planification intelligente ont un impact positif et significatif sur la performance des tournées de livraison.

Un test t de Student à un échantillon a été conduit pour évaluer si le niveau de performance (VD) est significativement supérieur à la valeur neutre de l'échelle ($\mu_0 = 3$) :

Tableau 23 TABLEAU TEST test t de Student

Paramètre du test	Valeur	Interprétation
Valeur de référence (μ_0)	3,00	Point neutre de l'échelle de Likert
Moyenne observée (M)	4,247	Niveau de performance mesuré

Paramètre du test	Valeur	Interprétation
Statistique t	16,647	Très largement au-delà du seuil critique
p-value	< 0,0001	Statistiquement très significatif ($\alpha = 0,05$)
Décision	Rejet de H_0	H_1 confirmée

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

Avec $t = 16,647$ et $p < 0,0001$, l'hypothèse nulle H_0 est rejetée avec un niveau de confiance de 95%. La performance des tournées est significativement supérieure au seuil neutre, ce qui confirme l'impact positif et significatif des outils de planification intelligente sur l'efficacité des livraisons. L'hypothèse H_1 est donc validée.

Section 3: Discussion des Résultats

Dans cette section, nous allons procéder à une interprétation approfondie des résultats obtenus à l'issue des analyses quantitatives et de l'étude comparative. L'objectif est de dépasser la simple présentation des données pour en extraire des enseignements pertinents, en lien avec la problématique de recherche et le cadre conceptuel développé précédemment.

Cette discussion permettra de mettre en évidence la signification des résultats, d'identifier les relations entre les variables étudiées et d'évaluer la cohérence des résultats empiriques avec les fondements théoriques. Elle constitue ainsi une étape essentielle pour valider les apports de la planification intelligente dans l'optimisation des tournées de livraison.

3.1. Interprétation des résultats

Dans cette partie, nous allons analyser et interpréter les résultats obtenus à partir des différentes analyses réalisées, notamment les analyses descriptives et statistiques. Il s'agit de donner du sens aux données recueillies en mettant en évidence les tendances observées, les relations significatives ainsi que les écarts identifiés.

L'objectif est de comprendre dans quelle mesure les outils de planification intelligente influencent la performance des tournées de livraison, en s'appuyant à la fois sur les résultats quantitatifs et sur les observations du terrain. Cette interprétation permettra également de préparer la validation de la problématique de recherche.

3.1.1. Interprétation des résultats quantitatifs

L'ensemble des analyses statistiques réalisées converge vers une conclusion centrale: les outils de planification intelligente exercent un impact positif, fort et statistiquement significatif sur la performance des tournées de livraison. Cette conclusion repose sur trois piliers analytiques complémentaires.

Premièrement, l'analyse descriptive révèle que les deux variables présentent des niveaux élevés et homogènes. La planification intelligente obtient une moyenne de 4,287/5 et la performance des

tournées une moyenne de 4,247/5. Ces valeurs, nettement supérieures au point neutre de l'échelle (3/5), indiquent que les professionnels interrogés perçoivent positivement l'efficacité des outils de planification utilisés dans leurs entreprises. La forte proportion de réponses favorables (93,7 % pour la planification et 92,3 % pour la performance) confirme l'adhésion quasi-unanime des répondants.

Deuxièmement, la corrélation de Pearson ($r = 0,869$; $p < 0,0001$) établit une relation linéaire très forte entre les deux construits. Selon l'échelle de Cohen (1988), un coefficient supérieur à 0,50 est considéré comme fort; la valeur obtenue de 0,869 dépasse largement ce seuil, ce qui témoigne d'une liaison robuste et directe entre la qualité de la planification et la performance opérationnelle des tournées.

Troisièmement, la régression linéaire simple ($R^2 = 0,7551$) confirme que 75,5 % de la variabilité observée dans la performance des tournées est directement expliquée par le niveau de planification intelligente. Le coefficient de régression $b = 0,85$ indique qu'une amélioration d'une unité dans le score de planification se traduit par une augmentation de 0,85 unité dans le score de performance. Ces résultats placent la planification intelligente comme un déterminant majeur de la performance logistique, au même titre que les facteurs organisationnels et technologiques identifiés dans la littérature internationale (Laporte, 2009; Toth & Vigo, 2014).

3.1.2. Confrontation avec les observations terrain

Les résultats quantitatifs concordent avec les réalités opérationnelles observées sur le terrain. Plusieurs éléments méritent d'être soulignés :

L'item relatif à la satisfaction des clients (T7, $M = 4,42$) est le plus fortement noté dans la dimension performance, ce qui indique que les gains de la planification intelligente se matérialisent en premier lieu par une amélioration de la qualité de service perçue. Cela est cohérent avec les observations terrain: une meilleure organisation des tournées réduit les délais, limite les erreurs de livraison et améliore la fiabilité du service.

En revanche, les items T5 (taux de remplissage des véhicules, $M = 3,98$) et T9 (fréquence des retards, $M = 4,11$) présentent les variabilités les plus importantes (ET respectivement de 0,965 et 1,071). Ces dispersions reflètent des réalités hétérogènes sur le terrain: les conditions de trafic urbain restent imprévisibles, et la gestion du chargement des véhicules dépend de contraintes externes (volumes de commandes fluctuants, contraintes de conditionnement) que les outils de planification ne contrôlent pas entièrement.

Par ailleurs, les difficultés opérationnelles identifiées dans la section du questionnaire consacrée aux obstacles confirment cette lecture: le trafic urbain, les variations de commandes et les changements de dernière minute constituent les principaux facteurs perturbateurs des tournées, indépendamment du niveau de planification. Ces éléments constituent les 24,5 % de variance non expliquée par le modèle de régression.

3.2. Validation de la problématique

Cette dernière partie du mémoire constitue l'étape décisive de l'analyse, puisqu'elle vise à valider empiriquement la problématique de recherche et à confirmer les hypothèses formulées au début de l'étude. Après avoir présenté le cadre théorique ainsi que la méthodologie adoptée et les résultats descriptifs et analytiques, il s'agit désormais d'interpréter les résultats statistiques afin d'évaluer l'impact réel des outils de planification intelligente sur l'optimisation des tournées de livraison.

Cette phase de validation repose sur l'exploitation des tests statistiques (corrélation, régression, test t de Student et coefficient de détermination), permettant de mesurer avec précision la relation entre les variables étudiées. L'objectif est de déterminer si l'intégration des outils numériques de planification constitue un facteur déterminant dans l'amélioration de la performance logistique, notamment en termes d'efficacité opérationnelle, de productivité et de qualité de service.

Ainsi, cette partie finale permet de transformer les résultats quantitatifs en interprétations managériales concrètes, offrant une lecture claire de l'apport des technologies de planification dans la gestion des tournées de livraison.

3.2.1. Vérification de l'impact des outils de planification

La vérification de l'impact des outils de planification intelligente s'appuie sur un faisceau convergent de preuves statistiques. Le test t de Student ($t = 16,647$; $p < 0,0001$) confirme que le niveau de performance observé est significativement supérieur au seuil de neutralité, ce qui exclut l'hypothèse selon laquelle les outils de planification n'auraient aucun effet.

Les résultats permettent d'identifier trois niveaux d'impact :

Impact sur l'efficacité opérationnelle: Les items P5 à P8, relatifs à l'utilisation des outils numériques (M globale $\approx 4,36$), indiquent que la planification numérique améliore directement la structuration des tournées, l'optimisation des itinéraires et la réactivité face aux imprévus. L'item P6 (M = 4,44) souligne particulièrement le rôle facilitateur des applications de gestion dans l'organisation quotidienne.

Impact sur la productivité: Les items T1, T2, T3 et T6, relatifs à la réduction des distances, au respect des délais et à l'utilisation efficace des ressources (M globale $\approx 4,33$), démontrent que la planification intelligente génère des gains de productivité mesurables. Ces gains se traduisent par une réduction des coûts logistiques et une meilleure utilisation des capacités des véhicules.

Impact sur la qualité de service: L'item T7 (satisfaction client, M = 4,42) et T8 (rareté des erreurs, M = 4,24) démontrent que la planification intelligente améliore la fiabilité et la qualité perçue du

service, ce qui constitue un avantage concurrentiel direct pour les entreprises de distribution.

3.2.2. Réponse à la problématique de recherche

La problématique centrale de cette recherche: Dans quelle mesure l'intégration des outils de planification intelligente influence-t-elle le niveau d'optimisation des tournées de livraison en termes de performance logistique ?

Au terme de cette analyse, il est possible de répondre de manière affirmative et nuancée à cette question. Les résultats démontrent que les outils de planification intelligente constituent un levier déterminant de l'optimisation des tournées de livraison, avec un coefficient de détermination de $R^2 = 0,755$, ce qui signifie que les trois quarts de la performance des tournées sont directement attribuables à la qualité de la planification mise en œuvre.

Cette conclusion se décline en plusieurs constats opérationnels :

(1) Les entreprises qui utilisent des outils numériques de planification bénéficient d'une organisation plus structurée, d'une meilleure visibilité sur les données opérationnelles en temps réel et d'une capacité accrue à s'adapter aux imprévus. Ces caractéristiques se traduisent directement par des niveaux de performance supérieurs, confirmant les travaux de Christofides (1976) et des auteurs contemporains sur l'apport des TIC dans la logistique.

(2) La forte corrélation ($r = 0,869$) et la significativité statistique ($p < 0,0001$) permettent de conclure que la relation entre planification intelligente et performance n'est pas aléatoire: elle est systématique, robuste et transversale à l'ensemble de l'échantillon étudié.

(3) Des marges de progression subsistent, notamment en matière de gestion du chargement des véhicules (T5) et de maîtrise des retards (T9), deux dimensions influencées par des facteurs exogènes (trafic, variations de commandes) que les outils actuels de planification ne gèrent pas encore pleinement. L'intégration de données de trafic en temps réel et d'algorithmes d'optimisation dynamique représente une piste d'amélioration prioritaire.

En définitive, cette étude confirme que l'investissement dans les outils de planification intelligente des tournées de livraison est une condition nécessaire — bien que non suffisante — à l'amélioration de la performance logistique. La réponse à la problématique de recherche est donc validée: les outils de planification intelligente exercent un impact positif, fort et significatif sur l'optimisation des tournées de livraison, avec une capacité d'explication de 75,5 % de la variance de performance observée dans l'échantillon étudié.

Tableau 24Récapitulatif des résultats statistiques

Analyse	Résultat	Interprétation
Taille de l'échantillon (N)	45 répondants	Représentatif du terrain
Moyenne VI (Planification)	M = 4,287 / ET = 0,514	Niveau élevé
Moyenne VD (Performance)	M = 4,247 / ET = 0,502	Niveau élevé
Alpha de Cronbach (VI)	$\alpha = 0,9115$	Fiabilité excellente
Alpha de Cronbach (VD)	$\alpha = 0,8529$	Fiabilité bonne
Corrélation de Pearson (r)	$r = 0,869$; $p < 0,0001$	Très forte corrélation significative
Coefficient de détermination (R^2)	$R^2 = 0,7551$	75,5 % de variance expliquée
Coefficient de régression (b)	$b = 0,8502$	Effet positif et fort
Test t (H_1)	$t = 16,647$; $p < 0,0001$	H_1 confirmée — H_0 rejetée

Source: Élaboré par nos soins à partir des sorties SPSS

Conclusion

Ce troisième chapitre a permis de vérifier empiriquement l'ensemble des hypothèses de recherche et de répondre à la problématique centrale de l'étude. L'analyse statistique approfondie a mis en évidence une relation forte, positive et significative entre l'utilisation des outils de planification intelligente et la performance des tournées de livraison.

Les résultats obtenus confirment que la planification numérique joue un rôle structurant dans l'amélioration de la performance logistique. En effet, les tests statistiques réalisés (corrélation élevée $r = 0,869$, coefficient de détermination $R^2 = 0,755$ et test t significatif $p < 0,0001$) démontrent que les outils de planification expliquent une part importante de la variance de la performance observée. Ces résultats valident ainsi les hypothèses de recherche et confirment la pertinence du modèle conceptuel adopté.

Cependant, malgré ces performances significatives, certaines limites persistent, notamment liées à des facteurs externes tels que les aléas du trafic, les variations de la demande ou encore les contraintes opérationnelles terrain. Ces éléments montrent que l'optimisation des tournées ne dépend pas uniquement des outils numériques, mais également d'un ensemble de facteurs organisationnels et contextuels.

En définitive, cette étude confirme que l'intégration des outils de planification intelligente constitue un levier essentiel de performance logistique, en améliorant à la fois l'efficacité opérationnelle, la productivité et la qualité de service. Elle ouvre également la voie à des perspectives d'amélioration, notamment à travers l'intégration de systèmes d'optimisation en temps réel et de technologies avancées basées sur l'intelligence artificielle.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail de recherche, il apparaît clairement que la logistique de distribution au sein de la SARL DRACO a franchi une étape décisive, passant d'un modèle traditionnel à une gestion technologique maîtrisée. Cette étude nous a permis de mettre en lumière la mutation profonde des pratiques opérationnelles, marquée par une transition entre deux paradigmes distincts de gestion des tournées.

Auparavant, la gestion des livraisons reposait sur une logique empirique et largement décentralisée. Les livreurs, bien que volontaires, opéraient sans planification préalable: le véhicule était chargé jusqu'à saturation, puis les tournées étaient effectuées au gré des opportunités, sans prise en compte des contraintes environnementales, jusqu'à l'épuisement du stock ou la fin de la journée de travail. Cette approche, bien que simple, limitait considérablement la productivité et ignorait la complexité réelle de l'environnement urbain algérois.

L'adoption des outils de planification intelligente a radicalement transformé cette approche. Aujourd'hui, la planification ne se limite plus au simple transport, mais intègre une multitude de contraintes techniques et opérationnelles: respect strict des fenêtres temporelles imposées par les clients, adaptation dynamique des itinéraires face aux aléas de la circulation, et optimisation rigoureuse de la consommation de carburant et de l'usure du matériel. Grâce à la synchronisation des données en temps réel, l'entreprise bénéficie d'une visibilité accrue, transformant des flux autrefois invisibles en leviers de performance actionnables.

Les résultats obtenus, validés par l'expertise des livreurs de la SARL DRACO ayant connu les deux modes de gestion, attestent que l'impact de ces outils est loin d'être négligeable: il est majeur. Le passage à la planification intelligente a permis à l'entreprise de livrer un nombre plus important de commandes quotidiennes tout en augmentant le « drop size » (le volume de livraison par point de vente), contribuant directement à une amélioration du chiffre d'affaires journalier.

En somme, cette évolution confirme que la technologie est devenue indispensable pour naviguer dans la complexité de la distribution urbaine. Pour la SARL DRACO, la planification intelligente n'est plus une simple option technique, mais le socle d'une

performance logistique durable, capable d'allier efficacité économique et satisfaction client dans un environnement de plus en plus exigeant.

Limites de la recherche

Malgré la rigueur méthodologique appliquée dans cette étude, il est important d'en souligner les limites, tant sur le plan conceptuel que sur le plan pratique, afin de permettre une interprétation éclairée des résultats obtenus.

Sur le plan théorique, nous avons été confrontés à la nature même de notre sujet. La « Distribution 4.0 » est un domaine d'étude extrêmement récent et en constante évolution. La littérature scientifique disponible, bien qu'abondante, présente une certaine redondance, se concentrant souvent sur des cadres théoriques généraux sans toujours proposer de solutions adaptées aux spécificités des contextes locaux. La quête de la « méthode optimale » demeure un défi ouvert pour les entreprises, rendant l'état de l'art parfois difficile à synthétiser en raison de la rapidité avec laquelle les technologies et les pratiques opérationnelles changent.

Sur le plan pratique et empirique, la principale limite de cette étude réside dans le profil de la population terrain enquêtée. Les livreurs de la SARL DRACO possèdent une expertise métier indiscutable, forgée par l'expérience du terrain; cependant, leur niveau académique limité a constitué un obstacle lors de la collecte des données. Cette disparité entre leur savoir-faire pratique et la formalisation théorique a entraîné des difficultés dans l'expression explicite de leurs besoins et de leurs contraintes réelles.

En effet, confrontés à des doutes ou à des imprévus techniques, les chauffeurs ont souvent tendance à recourir à l'improvisation individuelle pour pallier les manques. Cette tendance à l'improvisation, bien que nécessaire pour assurer la livraison, génère des biais de comportement qui compliquent la standardisation des processus logistiques et, par extension, la précision de l'analyse statistique. Ces comportements non standardisés constituent une zone d'ombre que les outils de planification, aussi intelligents soient-ils, peinent encore à capter totalement.

Ces limites ouvrent toutefois des perspectives de recherche futures. Elles démontrent que l'optimisation logistique ne peut se résumer à une simple implémentation technologique; elle nécessite un accompagnement humain et pédagogique pour permettre aux acteurs de terrain

de mieux formaliser leurs pratiques et d'aligner leur expertise empirique avec les exigences des outils numériques de nouvelle génération.

Voies de recherche futures

À la lumière des résultats obtenus et des limites identifiées au cours de cette étude, plusieurs perspectives de recherche futures peuvent être envisagées pour approfondir la transition vers une « Logistique 5.0 » et l'optimisation des tournées dans le contexte algérois :

- Explorer l'implémentation de solutions d'intelligence artificielle prédictive, capables d'anticiper les ruptures urbaines et les aléas de trafic en temps réel, afin de passer d'une planification réactive à une gestion logistique totalement autonome.
- Évaluer l'impact environnemental et sociétal de la distribution 4.0 et 5.0, en mesurant la réduction effective de l'empreinte carbone et l'amélioration de la qualité de vie urbaine par une gestion optimisée des flux de livraison.
- Développer des modèles hybrides combinant des méthodes heuristiques traditionnelles, maîtrisées par le personnel de terrain, et des algorithmes d'intelligence artificielle avancée pour permettre une transition numérique graduelle et sécurisée.
- Conduire une analyse comparative sur le long terme de l'évolution des performances opérationnelles, en intégrant les données de satisfaction client et de bien-être au travail comme indicateurs clés de succès de l'optimisation des tournées.

En somme, bien que cette recherche ait démontré l'efficacité indéniable des outils de planification intelligente pour la SARL DRACO, elle ouvre la voie vers une logistique plus humaine, résiliente et durable. Il apparaît désormais impératif de renforcer la collaboration entre le monde académique et les praticiens du terrain pour transformer ces innovations technologiques en leviers de performance pérennes et socialement responsables pour le secteur logistique algérien.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

1. Al Chami, Z. (2018). *Optimisation collaborative de tournées de livraison en milieu urbain* . Université
2. Applegate, D. L., Bixby, R. E., Chvátal, V., & Cook, W. J. (2006). *The Traveling Salesman Problem: A Computational Study*. Princeton University Press.
3. Avenier, M.-J., & Thomas, H. (2015). Finding one's way around various methodological guidelines for doing rigorous case-study research. *AIMS – Management*.
4. Bari, A. (2021). *Systèmes multi-agents pour la planification logistique distribuée*. Université.
5. Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2011). *Warehouse & Distribution Science*. Supply Chain & Logistics Institute, Georgia Tech.
6. Berghida, M. (2015). *Drop Size et coût fixe de service par arrêt logistique* [Thèse/Article]. [à préciser].
7. Berrado, A. et al. (2020). Intégration des données en temps réel dans la logistique urbaine.
8. Bianchi, L. (2000). *Notes on Dynamic Vehicle Routing – The State of the Art* (Technical Report IDSIA-01-00). IDSIA.
9. Bortfeldt, A. et al. (2015). Hybrid simulated annealing/tabu search for VRP with loading constraints. *European Journal of Operational Research*.
10. Bouregba, K. et al. (2021). *Optimisation des tournées de distribution – cas Cevital/Numilog* [Mémoire/Article]. Université algérienne [à préciser].
11. Braysy, O., & Gendreau, M. (2005). Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Transportation Science, 39*(1–2).
12. Chen, H. K. et al. (2006). The capacitated vehicle routing problem with autonomous vehicles. *European Journal of Operational Research*.
13. Christofides, N. (1976). *Worst-case analysis of a new heuristic for the TSP* [Technical Report]. Carnegie Mellon University, GSIA.
14. Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management* (5th ed.). Pearson/FT Publishing.
15. Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to

- a number of delivery points. **Operations Research*, 12*(4), 568–581.
16. Cohen, J. (1988). **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences** (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
 17. Comte, A. (1844). **Discours sur l'esprit positif**. Carilian-Goeury et Dalmont.
 18. Cordeau, J.-F. et al. (2002). A guide to vehicle routing heuristics. **Journal of the Operational Research Society*, 53*(5), 512–522.
 19. Cordeau, J.-F. et al. (2005). New heuristics for the vehicle routing problem. In A. Langevin & D. Riopel (Eds.), **Logistics Systems: Design and Optimization**. Springer.
 20. Crainic, T. G. (2000). Service network design in freight transportation. **European Journal of Operational Research*, 122*(2), 272–288.
 21. Crainic, T. G. (2008). **City logistics** (CIRRELT Working Paper). CIRRELT.
 22. Creswell, J. W. (2014). **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches** (4th ed.). SAGE Publications.
 23. Dablanc, L. (2007). Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. **Transportation Research Part A*, 41*(3), 280–285.
 24. Dantzig, G. B., Fulkerson, R., & Johnson, S. (1954). Solution of a large-scale traveling-salesman problem. **Journal of the Operations Research Society of America*, 2*(4), 393–410.
 25. Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. **Management Science*, 6*(1), 80–91.
 26. Dell'Amico, M. et al. (2006). Waiting times in VRP with time windows.
 27. Desaulniers, G. et al. (2014). Exact algorithms for electric vehicle-routing problems with time windows. **Operations Research*, 64*(1), 20–37.
 28. Dewey, J. (1938). **Logic: The Theory of Inquiry**. Henry Holt and Company.
 29. Dhouib, S. (2020). **Jumeaux numériques pour la simulation de réseaux logistiques**. Université.
 30. Dumez, H. (2013). Qu'est-ce que la recherche qualitative ? **Le Libellio d'AEGIS*, 9*(4).
 31. Dussaix, A.-M. (2009). **Enquêtes et sondages**. Dunod.

32. Evrard, Y., Pras, B., & Roux, E. (2009). **Market – Fondements et méthodes des recherches en marketing** (4e éd.). Dunod.
33. Gevaers, R., Van de Voorde, E., & Vanelander, T. (2011). Characteristics and typology of last-mile logistics from an innovation perspective in an urban context. In E. Taniguchi & R. G. Thompson (Eds.), **Innovations in City Logistics**.
34. Gendreau, M. et al. (2015). Metaheuristics for the VRP and its extensions. In B. L. Golden et al. (Eds.), **The Vehicle Routing Problem: Latest Advances**. Springer.
35. Giordano, Y. (2003). **Conduire un projet de recherche: une perspective qualitative**. EMS.
36. Godart, A. (2020). **VRP avec transferts: modélisation et résolution** [Thèse de doctorat]. Université.
37. Golden, B. L. et al. (Eds.) (2008). **The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges**. Springer.
38. Gupta, A. et al. (2020). Interopérabilité ERP/TMS dans la planification intelligente.
39. Gutin, G., & Punnen, A. P. (Eds.) (2007). **The Traveling Salesman Problem and Its Variations**. Springer.
40. Haj Rachid (Oulad Kouider). (2010). **Résolution du VRP par algorithmes génétiques**. Université algérienne [à préciser].
41. Hofmann, E., & Rüsch, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in Industry, 89**, 23–34.
42. Ivanov, D. et al. (2019). **Digital Supply Chain Twins: Managing the Ripple Effect, Resilience and Disruption Risks**. Springer.
43. Jolibert, A., & Jourdan, P. (2011). **Marketing Research**. Dunod.
44. Kebir. (s.d.). **Étude de la livraison de marchandises en milieu urbain dense – cas d'Alger**.
45. Khelfa, M. (2019). **Application de l'algorithme Big Bang-Big Crunch au VRPTW en milieu urbain** [Thèse de doctorat]. Université Mohamed Khider, Biskra.
46. Kouider (KOUIDER). (2020). **Modélisation mathématique du VRP par la théorie des graphes** [Thèse]. Université algérienne [à préciser].
47. Lambert, D. M. et al. (1998). **Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities**. Irwin/McGraw-Hill.

48. Laporte, G. (1992). The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms. **European Journal of Operational Research*, 59*(3), 345–358.
49. Laporte, G. (2009). Fifty years of vehicle routing. **Transportation Science*, 43*(4), 408–416.
50. Lawler, E. L. et al. (1985). **The Traveling Salesman Problem: A Guided Tour of Combinatorial Optimization**. Wiley.
51. Le Moigne, J.-L. (1995). **Les épistémologies constructivistes**. PUF.
52. Lenstra, J. K., & Kan, A. H. G. R. (1981). Complexity of vehicle routing and scheduling problems. **Networks*, 11*(2), 221–227.
53. Libeskind, M. (2015). **Organisation des flux de marchandises en milieu urbain**.
54. Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology*, 22*(140), 1–55.
55. Lumbroso, D. (2015). **Tournées de livraison: système de contraintes interdépendantes**. [Éditeur à préciser].
56. Martinet, A.-C. (1990). **Épistémologies et sciences de gestion**. Economica.
57. McKinnon, A. et al. (2015). **Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics** (3rd ed.). Kogan Page.
58. Mingozzi, A. (2005). The multi-depot vehicle routing problem.
59. Montoya, A. (2016). **The electric vehicle routing problem with nonlinear charging function** [Thèse]. Université [à préciser].
60. Morana, J. (2014). **Logistique urbaine durable**. [Éditeur à préciser].
61. Nunnally, J. C. (1978). **Psychometric Theory** (2nd ed.). McGraw-Hill.
62. Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). **Psychometric Theory** (3rd ed.). McGraw-Hill.
63. Ouaddi, K. (2015). **Gestion du multi-tour et rentabilisation du matériel logistique** [Thèse/Article].
64. Peirce, C. S. (1878). How to make our ideas clear. **Popular Science Monthly*, 12*, 286–302.
65. Pillac, V. et al. (2013). A review of dynamic vehicle routing problems. **European*

- Journal of Operational Research, 225*(1), 1–11.
66. Pisinger, D., & Ropke, S. (2007). A general heuristic for vehicle routing problems. *Computers & Operations Research, 34*(8), 2403–2435.
67. Pohl, I. et al. (2007). Structure multi-niveaux des tournées de livraison. *[Revue à préciser]*.
68. Psaraftis, H. N. et al. (2016). Dynamic vehicle routing problems: Three decades and counting. *Networks, 67*(1), 3–31.
69. Quivy, R., & Van Campenhoudt, L. (2011). *Manuel de recherche en sciences sociales* (4e éd.). Dunod.
70. Ralphs, T. K. (2003). Parallel branch and cut for capacitated vehicle routing. *Parallel Computing, 29*(5), 607–629.
71. Rammal, R. (2021). *Apprentissage par renforcement pour l'optimisation des tournées*. Université [à préciser].
72. Rancourt, M.-È. (2011). *Interaction humain-système dans les outils de planification logistique*. École Polytechnique / HEC Montréal.
73. Rifki, O. et al. (2019). *Problèmes de tournées dynamiques dépendants du temps (TD-VRP)*.
74. Roussel, P. (2005). Méthodes de développement d'échelles pour questionnaires d'enquête. In F. Teyssier (Dir.), *Management des ressources humaines – Méthodes de recherche*. Vuibert.
75. Savelsbergh, M. W. P., & Sol, M. (1995). The general pickup and delivery problem. *Transportation Science, 29*(1), 17–29.
76. Savelsbergh, M., & Van Woensel, T. (2016). City logistics: Challenges and opportunities. *Transportation Science, 50*(2), 579–590.
77. Solomon, M. M. (1987). Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. *Operations Research, 35*(2), 254–265.
78. Speranza, M. G. (2018). Trends in transportation and logistics. *European Journal of Operational Research, 264*(3), 830–836.
79. Symphonia. (2024). *Optimisation intelligente des tournées – Control Tower logistique*. Symphonia [document professionnel interne/livre blanc].
80. Taki, H. (2017). *Tournée comme flux dynamique d'informations et de produits*.

81. Tamine, H. (2014). *Ordonnancement robuste et décentralisé pour systèmes de transport*. Université [à préciser].
82. Tan, K. C. et al. (2017). Multi-depot vehicle routing: A heuristic approach.
83. Thiétart, R.-A. (Dir.) (2014). *Méthodes de recherche en management* (4e éd.). Dunod.
84. Toth, P., & Vigo, D. (Eds.) (2014). *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications* (2nd ed.). SIAM.
85. Vachal, K. et al. (2021). *Transport intelligent: Big Data, GPS et TMS*.
86. Van der Maren, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. De Boeck & Larcier.
87. Xiao, Y. et al. (2012). Development of a fuel consumption optimization model for CVRP. *Computers & Operations Research*.
88. Zidi, K. (2015). *Systèmes de transport intelligents: architecture cloud distribuée*. Université .

ANNEXES

ANNEXE A :QUESTIONNAIRE VERSION FRANCAIS

Je m'appelle Djerboua Wassim, je suis étudiant en deuxième année de Master au sein de l'École Nationale Supérieure de Management, spécialité Management de la Chaîne Logistique. Dans le cadre de mon projet de fin d'études, je m'intéresse à l'optimisation des tournées de livraison, un enjeu majeur pour les entreprises logistiques confrontées à des contraintes croissantes de coût, de délai et de qualité de service. Avec l'évolution rapide de la transformation numérique, les outils de planification intelligents (tels que les logiciels d'optimisation des tournées, les systèmes de gestion de transport et les solutions basées sur les données) jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de la performance logistique. Ce questionnaire a pour objectif d'analyser l'impact de ces outils de planification intelligents sur l'efficacité des tournées de livraison, en se basant sur l'expérience des professionnels du domaine. Votre participation est donc très importante pour la réussite de ce travail de recherche. Toutes les informations recueillies dans le cadre de cette étude resteront strictement confidentielles et seront utilisées uniquement à des fins académiques. Aucune donnée ne sera divulguée ni utilisée en dehors de ce cadre scientifique.

Première section: Informations personnelles

Question	Choix
1. Âge	☐ Moins de 25 ans ☐ Entre 25 et 35 ans ☐ Entre 35 et 45 ans ☐ Plus de 45 ans
2. Niveau d'étude	☐ Enseignement de base ☐ Baccalauréat ☐ Licence ☐ Master
3. Poste occupé	☐ Livreur / Distributeur ☐ Responsable planification ☐ Contrôleur de distribution ☐ Autre: _____
4.Expérience professionnelle	☐ Moins de 3 ans ☐ De 3 à 5 ans ☐ De 5 à 10 ans ☐ Plus de 10 ans
5.Ancienneté dans l'entreprise	☐ Moins d'un an ☐ De 1 à 3 ans ☐ De 3 à 5 ans ☐ Plus de 5 ans

		question	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	Neutre	D'accord	Tout à fait d'accord
Planification des tournées (Variable indépendante)	Organisation des tournées	Les tournées de livraison sont planifiées de manière structurée					
		Les itinéraires sont optimisés avant le départ					
		Les tournées prennent en compte la localisation des clients					
		Les tournées sont adaptées aux contraintes du trafic urbain					
	Utilisation des outils (planification intelligente)	L'entreprise utilise des outils numériques pour planifier les tournées					
		L'application utilisée facilite l'organisation des tournées					
		Les informations (clients, commandes, stock) sont disponibles en temps réel					
		Les tournées sont mises à jour en cas d'imprévus					
	Gestion opérationnelle	Les véhicules sont chargés de manière optimisée					

		Le regroupement des clients par zone est bien organisé					
		Le volume des commandes (drop size) est pris en compte dans la planification					
		La planification réduit les déplacements inutiles					
Performance des tournées (Variable dépendante)	Efficacité	Les tournées permettent de réduire les distances parcourues					
		Les livraisons sont réalisées dans les délais					
		Le temps de livraison par client est optimisé					
	Productivité	Le nombre de clients servis par tournée est satisfaisant					
		Le taux de remplissage des véhicules est élevé					
		Les ressources (temps, carburant) sont utilisées efficacement					
	Qualité de service	Les clients sont satisfaits du service de livraison					
		Les erreurs de livraison sont rares					

		Les retards sont peu fréquents					
Impact global (Lien entre variables)		La planification actuelle améliore la performance des tournées					
		L'utilisation d'outils numériques améliore l'efficacité des livraisons					
		Une meilleure planification permet de réduire les coûts logistiques					
		La planification actuelle facilite le travail des livreurs					
Difficultés		Le trafic urbain impacte fortement les tournées					
		Les variations de commandes compliquent la planification					
		Le nombre élevé de références (SKU) complique les tournées					
		Les changements de dernière minute perturbent les livraisons					

ANNEXE B :

استبيان باللغة العربية

في إطار مشروع التخرج، أُنِى بدراسة تحسين جولات التوصيل، وهو موضوع مهم تواجه فيه المؤسسات اللوجستية تحديات متزايدة تتعلق بالتكلفة، والوقت، وجودة الخدمة مع التطور السريع في مجال التحول الرقمي، أصبحت أدوات التخطيط الذكية (مثل برامج تحسين مسارات التوزيع، أنظمة إدارة النقل، والحلول المعتمدة على البيانات) تلعب دورًا أساسيًا في تحسين الأداء اللوجستي. يهدف هذا الاستبيان إلى تحليل تأثير أدوات التخطيط الذكية على فعالية جولات التوصيل، وذلك بالاعتماد على خبرة المهنيين العاملين في هذا المجال. إن مشاركتكم تعتبر مهمة جدًا لنجاح هذا البحث العلمي. كما نؤكد أن جميع المعلومات التي يتم جمعها في هذا الاستبيان ستبقى سرية تمامًا، ولن تُستخدم إلا لأغراض أكاديمية فقط، ولن يتم نشرها أو استغلالها خارج هذا الإطار العلمي.

الاختيارات	السؤال
أقل من 25 سنة ☐ بين 25 و35 سنة ☐ بين 35 و45 سنة ☐ أكثر من 45 سنة ☐	1. العمر
تعليم أساسي ☐ شهادة البكالوريا ☐ ليسانس (إجازة) ☐ ماستر ☐	2. المستوى التعليمي
سائق توصيل / موزع ☐ مسؤول التخطيط ☐ مراقب التوزيع ☐ أخرى ☐	3. المنصب الوظيفي
أقل من 3 سنوات ☐ من 3 إلى 5 سنوات ☐ من 5 إلى 10 سنوات ☐ أكثر من 10 سنوات ☐	4. الخبرة المهنية
أقل من سنة ☐ من سنة إلى 3 سنوات ☐ من 3 إلى 5 سنوات ☐ أكثر من 5 سنوات ☐	5. الأقدمية في المؤسسة

أوافق تمامًا	أوافق	محايد	لا أوافق إطلاقًا	لا أوافق	السؤال	البعد	المحور
							تخطيط الجولات (المتغير المستقل)
					تتم جدولة جولات التوصيل بطريقة منظمة	تنظيم الجولات	
					يتم تحسين المسارات قبل الانطلاق		
					تأخذ الجولات بعين الاعتبار مواقع العملاء		
					تتكيف الجولات مع قيود حركة المرور الحضرية		
						استخدام الأدوات (التخطيط الذكي)	
					تستخدم المؤسسة أدوات رقمية لتخطيط الجولات		
					التطبيق المستخدم يسهل تنظيم الجولات		
					المعلومات متاحة في الوقت الحقيقي		
					يتم تحديث الجولات في حالة الطوارئ		
						الإدارة التشغيلية	
					يتم تحميل المركبات بطريقة مثلى		
					تنظيم العملاء حسب المناطق يتم بشكل جيد		

		يؤخذ حجم الطلبات في التخطيط					
		يقلل التخطيط من التنقلات غير الضرورية					
أداء الجولات (المتغير التابع)	الكفاءة	تساعد الجولات على تقليل المسافات المقطوعة					
		يتم تنفيذ عمليات التوصيل في الوقت المحدد					
		يتم تحسين وقت التوصيل لكل عميل					
	الإنتاجية	عدد العملاء المخدومين مناسب					
		معدل امتلاء المركبات مرتفع					
		يتم استخدام الموارد بكفاءة					
	جودة الخدمة	العملاء راضون عن الخدمة					
		أخطاء التوصيل نادرة					
		التأخيرات قليلة					
	التأثير العام						
		التخطيط يحسن الأداء					
		الأدوات الرقمية تحسن التوصيل					
		التخطيط يقلل التكاليف					
		التخطيط يسهل العمل					
الصعوبات							
		الازدحام يؤثر على الجولات					
		تقلبات الطلبات تعقد التخطيط					
		كثرة SKU تعقد الجولات					
		التغييرات المفاجئة تعطل التوصيل					

ANNEXE C: Synthèse de la revue de littérature

Catégorie	Auteur(s)	Année	Objectif de l'étude	Résultats principaux
Tournées de livraison	Dablanc	2007	Analyser les contraintes du transport urbain	Congestion, contraintes réglementaires, manque d'infrastructures
	Chami	2018	Étudier la logistique urbaine	Multiplicité des acteurs, objectifs divergents
	Gevaers et al.	2011	Évaluer le coût du dernier kilomètre	Jusqu'à 28% du coût total
	Rifki et al.	2019	Analyser l'impact des temps du	Variabilité des temps → modèles dynamiques
	Kebir	-	Étude du cas d'Alger	Problèmes structurels et congestion
	Libeskind	2015	Organisation des flux urbains	Difficulté d'intégration logistique
	Savelsbergh & Van Woensel	2016	Défis logistiques urbains	Conflit rapidité vs durabilité
VRP	Dantzig & Ramser	1959	Introduction du VRP	Modélisation mathématique
	Clarke & Wright	1964	Algorithme heuristique	Méthode des économies
	Kouider	2020	Modélisation par graphes	Structure G(V,A)

	Symphonia	2024	Application moderne	Décision
			VRP	opérationnelle
	Solomon	1987	VRP avec fenêtres de temps	VRPTW
	Laporte	1992	Complexité du VRP	Problème NP-difficile
	Rifki et al.	2019	VRP dynamique	Modèles TD-VRP
Planification intelligente	Cordeau et al.	2002	Métaheuristiques	Solutions rapides et efficaces
	Pillac et al.	2013	VRP dynamique	Adaptation en temps réel
	Symphonia	2024	Optimisation intelligente	Réduction 20–30% distance
	Bortfeldt et al.	2015	SIG et planification	Importance données géographiques
	Zidi	2015	Transport intelligent	Architecture cloud
	Rancourt	2011	Interaction humain-système	Human-in-the-loop
	Desaulniers et al.	2014	Gestion de flotte	Optimisation multi-objectifs
	Gupta et al.	2020	Interopérabilité systèmes	Intégration ERP/TMS

ANNEXE D: Synthèse des approches

Perspective	Référence clé	Définition centrale	Objectif principal	Concept pivot
Stratégique & Agile	Christopher (2016)	Un moteur de synchronisation entre les ressources internes et les exigences changeantes du marché	Maximiser la réactivité face à la demande	Agilité
Théorique & Computationnelle	Haj Rachid (2010)	Un processus de traduction des objectifs industriels en séquences d'actions mathématiquement optimisées	Garantir l'efficacité de l'exécution par l'algorithmique	Traduction optimisée
Industrielle & Opérationnelle	Bouregba et al. (2021) (Cas Cevital/Numilog)	Un outil de coordination des flux physiques pour garantir la disponibilité des produits (ex: Huile Elio)	Minimiser les coûts de transport et le transport de "vide"	Rentabilité & Disponibilité
Collaborative & Urbaine	Al Chami (2018)	Un système de gestion partagée et intelligente des ressources logistiques entre plusieurs acteurs	Réduire les externalités négatives (congestion, pollution)	Mutualisation
Robuste & Temporelle	Khelfa (2019)	Une structuration de tournées capable de résister aux aléas et de respecter des fenêtres de temps strictes	Assurer l'intégrité du service malgré les perturbations	Résilience
Technologique (4.0)	Ivanov et al. (2019)	Une fonction de pilotage basée sur la visibilité "bout-en-bout" et l'utilisation de doubles numériques	Simuler et ajuster les flux en temps réel pour une précision maximale	Visibilité totale

ANNEXE E :Tableau de bord de la performance: Impact des outils intelligents sur les KPI

Indicateur (KPI)	Définition & Calcul	Exemple de scénario "Avant" (Manuel)	Exemple de scénario "Après" (Planification Intelligente)	Résultat attendu
Drop Size (Taille de dépose)	Quantité moyenne livrée par arrêt (Unités ou Poids / Nombre d'arrêts)	Livraison de 5 cartons deux fois par semaine pour un même client (Total 10)	Le logiciel propose de livrer 10 cartons en une seule fois (consolidation des commandes)	Réduction de 50% des coûts d'arrêt et des frais administratifs
Facteur de charge (Fill Rate)	Pourcentage de la capacité du véhicule réellement utilisé (Volume chargé / Capacité totale)	Un camion de 15 tonnes part avec seulement 9 tonnes car l'ordre de passage manuel est inefficace	L'algorithme réorganise les tournées pour charger 14,5 tonnes, optimisant chaque m ³ disponible	Amortissement maximal des frais de carburant et du salaire chauffeur
Taux de livraison à vide (Deadhead)	Kilomètres parcourus sans marchandise à bord	Après la dernière livraison, le camion fait 40 km à vide pour retourner au dépôt	L'outil planifie un ramassage (Backhauling) de palettes vides à 5 km du dernier point de dépose	Transformation d'un trajet coûteux en une étape productive
Écart ETA (Précision d'arrivée)	Différence entre l'heure d'arrivée prévue et l'heure réelle	Retard fréquent de 45 min à cause d'un trafic mal anticipé (client	Intégration du trafic en temps réel: retard réduit à moins de 5 min ou client prévenu par	Amélioration de la satisfaction client et respect des fenêtres temporelles

		mécontent)	SMS automatique	
Densité de dépose (Drop Density)	Temps passé à décharger / Temps total de la tournée	Le chauffeur passe 70% de son temps à rouler et seulement 30% à livrer	Grâce au zonage (sectorisation), le chauffeur passe 60% de son temps à livrer et réduit ses trajets	Augmentation de la productivité horaire du conducteur