



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

## THESE DE DOCTORAT

Présentée par

**Mme: WIAME ECH-CHELFI**

Spécialité : Génie Industriel

**Sujet de la thèse :** La gestion des risques du transport routier de marchandises (TRM) d'une chaîne logistique globale dans le cadre du développement durable. Approches structurelles et modèles de fonctionnements optimisés

**Formation Doctorale :** Sciences de l'ingénieur Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique.

**Thèse présentée et soutenue le vendredi 13 novembre 2020 à 16h au centre de conférence devant le jury composé de :**

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Taoufiq ACHIBAT	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Président
Kamal REKLAOUI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Tanger	Rapporteur
Anas CHAFI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
Laila EL ABBADI	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Kenitra	Rapporteur
Abdelali ENNADI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examinateur
Mohammed EL HAMMOUMI	PES	Faculté des Sciences et techniques de Fès	Directeur de thèse

**Laboratoire d'accueil :** Laboratoire Techniques Industrielles.

**Etablissement :** Faculté des Sciences et Techniques de Fès

## DEDICACES

J'ai le grand plaisir de dédier cette thèse à :

### **A MA TRES CHERE MERE,**

**Saadia Najib**, source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Ta prière et ta Bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance.

### **A MON TRES CHER PERE**

**Mohammed**, de tous les pères, tu es le meilleur. Tu as été et tu seras toujours un exemple pour moi par tes qualités humaines, ta persévérance et perfectionnisme. En témoignage de brut d'années de sacrifices, de sollicitudes, d'encouragement et de prières.

### **A MON CHER EPOUX**

**Alae Eddine Lazrak**, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon amour et mon attachement à toi. Depuis que je t'ai connu, tu n'as cessé de me soutenir et de m'épauler. Tu me voulais toujours le meilleur. Ton amour ne m'a procuré que confiance et stabilité.

### **A MES DEUX PRINCESSES**

**Lina** et **Yasmine**, vous êtes pour moi la source de motivation et vous m'avez soutenu à votre manière pour mener cette thèse à son terme, que dieu vous protège et vous procure santé et longue vie.

### **A MA SŒUR ET MES FRERES**

**Ntissar**, **Nabil** et **Kamal**, Je ne saurai traduire sur du papier l'affection que j'ai pour vous, j'implore Allah de vous réserver un avenir meilleur.

### **A MES BEAUX PARENTS**

**Amina Benchakroun** et **Fouad Lazrak**, je vous dédie ce travail en témoignage de mon grand respect et mon estime envers vous.

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je me fais le devoir d'adresser mes remerciements à Dieu le tout puissant pour m'avoir donné la force, la foi, la santé, le courage nécessaire dans l'accomplissement de cette thèse.

Je tiens à remercier mon encadrant Mr El HAMMOUMI Mohammed non seulement pour son encadrement, son soutien et ses conseils instructifs durant toute la période de la réalisation de thèse, mais également son implication et son originalité qui ont déclenché et nourri ma maturité intellectuelle dont je bénéficierai encore longtemps. Docteur EL HAMMOUMI, je vous suis reconnaissant de toutes les manières possibles.

En définitif, je tiens à remercier très sincèrement tous mes proches et mes amis qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de cette thèse particulièrement Mlle AMRANI MERIEM et Monsieur RAFIK ADNANE de l'entreprise SIOF pour leurs engagements et disponibilités.

Mes remerciements s'adressent également aux membres de jury qui me font l'honneur de participer à la soutenance.

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude à toutes les personnes qui m'ont aidé, de près ou de loin à remplir le questionnaire de recherche.

Je remercie finalement l'ensemble du corps professoral du Laboratoire Techniques Industrielles de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès pour le dynamisme et le professionnalisme toute au long de la période de préparation de thèse.

## RESUME

**L**e principe d'une chaîne logistique globale vise à améliorer le fonctionnement traditionnel des entreprises. À bien d'égards, ce principe repose sur une méthode collaborative et relationnelle, entre différents acteurs agissant au sein de cette chaîne logistique.

Parmi les moyens utilisés par les entreprises industrielles, nous soulignons le transport routier de marchandises qui représente un facteur essentiel au fonctionnement et au développement de l'entreprise.

L'objectif principal et ultime de cette thèse est de trouver un compromis idéal, entre l'efficacité et la durabilité de transport routier de marchandises dans une chaîne logistique globale. Dans ce contexte, une gestion maîtrisée des risques liés au transport routier garantissant ainsi une réconciliation entre les aspects du management des risques et ceux du développement durable est proposée. Cette approche prend en compte l'aspect collaboratif au niveau de la chaîne logistique globale et les décisions qui pourraient être prises avant, pendant et après une opération de livraison.

En se référant à une littérature riche et variée, ce travail de recherche se veut être une contribution à la gestion des risques liés au transport routier des marchandises dans une Supply Chain intégrant une approche durable, permettant ainsi à tout chercheur, industriel ou responsable de transport routier d'optimiser la consommation énergétique et de réduire les risques liés au déplacement des véhicules.

La mise en œuvre est basée sur une approche multi-paradigme qui procède par l'analyse de l'existant, la modélisation et le développement d'une plateforme récapitulative. À cet effet, une modélisation de chaîne logistique globale selon les trois niveaux du modèle SCOR a été proposée sur la base de la régression linéaire multiple permettant le calcul de la consommation énergétique. Deux approches pour l'interfaçage du TRM aux différents services web ont été développées ; la première est basée sur les modèles de régression multiple, qui assurent la comparaison en temps réel de la consommation énergétique effective et théorique de chaque conducteur pour chaque classe de véhicule. Quant à la seconde, elle est fondée sur une interface réactive de géolocalisation web et mobile, qui traite les données envoyées par le traceur GPS installé sur le véhicule en temps réel. Ce système de géolocalisation offre un accès rapide à des informations importantes des véhicules et des conducteurs, ce qui permet un véritable échange d'information et de communication entre les conducteurs de véhicules partageant la même zone géographique. Cette interface de suivi de véhicule aide également le responsable transport à localiser l'emplacement des véhicules et de coordonner entre les différents conducteurs au cas de besoin urgent.

**Mots clés:** Supply Chain Management, risque, transport routier de marchandises, développement durable, optimisation, émission de CO<sub>2</sub>, plateforme informatique.

## ABSTRACT

Any global supply chain aims to improve the conventional functioning of businesses. In many respects, this principle is based on a collaborative and relational method, involving different actors acting within this logistics chain. One of the methods used by industrial firms is road freight transport which is an essential factor for the company to operate and to grow.

The main objective of this thesis is to find an ideal compromise between the efficiency and sustainability of road freight transport in a global supply chain. Thus, we propose an efficient road transport risk management guaranteeing a reconciliation between the different aspects of risk management and those of sustainable development. In this approach, we consider both the collaborative aspect of the global supply chain and the decisions that could be made before, during and after a delivery operation.

Based on rich and varied references, this work aims to be a contribution to road freight transport risk management in a Supply Chain integrating a sustainable approach, and allowing any researcher, industrialist or road transport manager to optimize energy consumption and to reduce the risks associated with road transport.

Our implementation is based on a multi-paradigm approach which proceeds by analyzing the existing, designing and developing a summary platform. Hence, we proposed a global supply chain design meeting the three levels of the SCOR model, based on the multiple linear regression to calculate energy consumption. We developed two approaches for interfacing road freight transport (RFT) to different web services; the first is based on multiple regression models, which provides a real-time comparison of the actual and theoretical energy consumption of each driver for each class of vehicle. The second approach is based on a web and mobile geolocation interface, which allows real-time processing of the data sent by the GPS tracker installed on the vehicle. This geolocation system provides quick access to relevant data from vehicles and drivers, allowing a real data exchange and communication between drivers in the same geographic area. This vehicle tracking interface also helps the transport manager to locate the vehicles and to coordinate between the drivers in case of emergency.

**Keywords:** Supply Chain Management, risk, road freight transport, sustainable development, optimization, CO2 emissions, IT platform.

## TABLE DES MATIERES

<b>Dédicaces.....</b>	<b>i</b>
<b>Remerciements .....</b>	<b>ii</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>iii</b>
<b>Table des matières .....</b>	<b>v</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>x</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>xii</b>
<b>Liste des acronymes .....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>3</b>
<b>i) Contexte général.....</b>	<b>3</b>
<b>ii) Problématique et objectifs .....</b>	<b>4</b>
<b>iii) Organisation de la thèse .....</b>	<b>5</b>
<b>CHAPITRE 1 : SCM ET TRM DANS LE CADRE DE DEVELOPPEMENT DURABLE : ETAT DE L'ART.....</b>	<b>8</b>
<b>I. Introduction.....</b>	<b>8</b>
<b>II. Méthodologie .....</b>	<b>10</b>
II.1. Domaine d'analyse .....	10
II.2. Méthode d'examen .....	11
II.3. Principales caractéristiques des publications analysées.....	12
<b>III. Supply chain management.....</b>	<b>27</b>
III.1. Définitions .....	27
III.2. Green supply chain management GrSCM .....	29
<b>IV. Transport routier de marchandises (TRM) .....</b>	<b>30</b>
IV.1. Définitions .....	30
IV.2. Transport routier de marchandises dans une SCM.....	31
<b>V. Les dimensions du développement durable(DD).....</b>	<b>32</b>
V.1. Définition de développement durable .....	32
V.2. Les indicateurs du développement durable.....	33
V.2.1. Facteurs économiques .....	34
V.2.2. Facteurs environnementaux .....	34
V.2.3. Facteurs Sociaux.....	35
V.2.4. Facteurs d'efficacité .....	36
V.3. Le transport routier de marchandises dans la cadre de développement.....	36
V.3.1. Méthodes d'évaluation du transport durable.....	36
V.3.2. Revue de transport routier de marchandises et développement durable .....	37

<b>VI. Conclusion.....</b>	<b>38</b>
<b>CHAPITRE 2 : TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES AU MAROC : RISQUES, FACTEURS ET MODELES D'EMISSION.....</b>	<b>40</b>
<b>I. Introduction .....</b>	<b>40</b>
<b>II. TRM au Maroc: Etat de lieu .....</b>	<b>40</b>
II.1. Evolution du réseau routier.....	40
II.2. La place du réseau routier .....	41
II.3. Les conventions internationales.....	42
<b>III. Aspects et impacts du transport .....</b>	<b>44</b>
III.1. Les risques de transport .....	44
III.1.1. La définition de risque .....	44
III.1.1. Les accidents de la route .....	45
III.1.2. Exposition .....	45
III.2. Les émissions des polluants atmosphériques .....	45
III.2.1. Pollution.....	45
III.2.2. Les émissions en CO <sub>2</sub> de transport routier .....	48
III.2.3. La réduction des émissions.....	49
<b>IV. Les facteurs d'émission .....</b>	<b>50</b>
IV.1. Facteurs internes .....	51
IV.1.1. Véhicule .....	51
IV.1.2. Entreprise .....	51
IV.1.3. Conducteur .....	52
IV.2. Facteurs externes .....	53
IV.2.1. Les conditions climatiques.....	53
IV.2.2. La pente de la route.....	53
IV.2.3. Réglementation .....	54
<b>V. Les modèles de calcul des émissions en CO<sub>2</sub>.....</b>	<b>55</b>
V.1. Mesure d'émissions de CO <sub>2</sub> liées au transport des marchandises.....	55
V.1.1. L'approche énergétique.....	56
V.1.2. l'approche par activité .....	57
V.2. Les modèles de calcul de la consommation énergétique.....	58
V.2.1. Modèle 1: Modèle instantané de consommation de carburant .....	58
V.2.2. Modèle 2: Modèle de consommation de carburant élémentaire à quatre modes .....	59
V.2.3. Modèle 3: Modèle de consommation de carburant en vitesse de marche .....	59
V.2.4. Modèle 4: Modèle global d'émission modale .....	60

V.2.5.	Model 5: Programme informatique pour le calcul d'émissions du transport routier (COPERT)	60
V.2.6.	Méthodologie de calcul d'émissions de transport et de la consommation d'énergie (MEET)	60
V.3.	Application du modèle MEET	61
V.3.1.	Démarche	61
V.3.2.	Résultat et discussion	65
<b>VI.</b>	<b>Conclusion</b>	<b>70</b>
<b>CHAPITRE 3: LA PRATIQUE DE L'APPROCHE ENVIRONNEMENTALE DANS LES ENTREPRISES MAROCAINES...</b>		<b>71</b>
<b>I.</b>	<b>Introduction</b>	<b>71</b>
<b>II.</b>	<b>Données et méthodologie</b>	<b>72</b>
II.1.	Source des données	72
II.2.	Méthodologie	73
II.2.1.	Recueil des données et échantillonnage	73
II.2.2.	Processus de traitement de questionnaire	74
II.2.3.	Indicateurs statistiques utilisés	77
<b>III.</b>	<b>Résultat et discussion</b>	<b>79</b>
III.1.	Caractéristiques de l'échantillon	79
III.2.	Etats des lieux des entreprises enquêtées	80
III.3.	Analyse de la corrélation non paramétrique	86
III.4.	Analyse de régression linéaire à l'aide de SPSS	90
<b>IV.</b>	<b>Conclusion</b>	<b>92</b>
<b>CHAPITRE 4 : LA MODELISATION MULTI NIVEAUX DE LA CHAINE LOGISTIQUE</b>		<b>93</b>
<b>I.</b>	<b>Introduction</b>	<b>93</b>
<b>II.</b>	<b>Modélisation organisationnelle d'une Supply Chain</b>	<b>94</b>
II.1.	Description de la chaîne logistique	94
II.1.1.	L'approche cartésienne	96
II.1.2.	Approche hétérarchique (systémique)	98
II.2.	Le modèle SCOR	99
II.2.1.	Définition	99
II.2.2.	Les processus du modèle SCOR	99
II.2.3.	Les niveaux du modèle SCOR	100
II.3.	Définition de la performance	101
II.4.	Les phases de modélisation SCOR	102
II.4.1.	La réingénierie des processus d'affaires	103
II.4.2.	Benchmarking	104
II.4.3.	L'application de bonnes pratiques	105



<b>III.</b>	<b>La gestion de tournée de véhicule dans une chaîne logistique .....</b>	<b>106</b>
III.1.	Les exigences d'un trajet optimal.....	107
III.2.	Algorithme Dijkstra.....	109
III.2.1.	Définition .....	109
III.2.2.	Les étapes de calcul selon Dijkstra.....	109
<b>IV.</b>	<b>La régression linéaire multiple dans un niveau microscopique .....</b>	<b>116</b>
IV.1.	La collecte des données.....	118
IV.2.	Méthodologie .....	119
IV.2.1.	Les facteurs mésoscopiques affectant la consommation énergétique .....	120
IV.2.2.	Les facteurs microscopiques affectant la consommation énergétique .....	124
IV.3.	Résultats et discussion.....	125
<b>V.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>128</b>
<b>CHAPITRE 5 : CONCEPTION D'UNE PLATEFORME PARTAGÉE POUR LA GESTION DES RISQUES DE TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES.....</b>		<b>130</b>
<b>I.</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>130</b>
<b>II.</b>	<b>Identification de besoin .....</b>	<b>131</b>
II.1.	Description de besoin .....	131
II.2.	Fonctionnalités ciblées .....	137
<b>III.</b>	<b>Conception de la plateforme à la base d'UML.....</b>	<b>137</b>
III.1.	Les outils informatiques utilisés .....	137
III.1.1.	Langage UML .....	137
III.1.2.	Langage PHP .....	138
III.1.3.	La base de données MYSQL.....	138
III.1.4.	HTML& CSS .....	139
III.2.	La Modélisation de la consommation énergétique sur UML .....	139
III.2.1.	Diagramme cas d'utilisation .....	140
III.2.2.	Diagramme classe.....	142
III.3.	La Modélisation du tracking véhicule sur UML .....	144
III.3.1.	Diagramme cas d'utilisation .....	144
III.3.2.	Diagramme classe.....	145
<b>IV.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>146</b>
<b>CHAPITRE 6 : RÉALISATION ET SIMULATION DE LA PLATEFORME.....</b>		<b>147</b>
<b>I.</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>147</b>
<b>II.</b>	<b>Réalisation .....</b>	<b>147</b>
<b>III.</b>	<b>Architecture de la plateforme .....</b>	<b>149</b>
III.1.	Interface d'authentification.....	149

III.2.	Interface de la plateforme.....	151
III.3.	Interface véhicules .....	151
III.4.	Interface chauffeurs .....	152
III.5.	Interface de la consommation énergétique.....	153
<b>IV.</b>	<b>Proposition des scénarios .....</b>	<b>154</b>
IV.1.	scénarios pour le calcul de la consommation énergétique.....	154
IV.2.	Scénarios de suivi de véhicules .....	157
<b>V.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>160</b>
	<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>161</b>
<b>I.</b>	<b>Conclusions.....</b>	<b>161</b>
<b>II.</b>	<b>Perspectives.....</b>	<b>163</b>
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>164</b>
	<b>Annexes.....</b>	<b>185</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Domaine d'études de la thèse avec les différentes interactions.....	5
Figure 2: Organisation globale de la thèse .....	7
Figure 3: Nombre des articles par année de l'échantillon étudié.....	26
Figure 4: La durabilité du système de transport .....	33
Figure 5: l'évolution de la longueur revêtue depuis 1956 .....	41
Figure 6: Circulation en million de véhicules Km/jour (2016) .....	42
Figure 7: Emissions de CO <sub>2</sub> du Maroc en tonnes métriques(Labarthe, 2006).....	49
Figure 8: cartographie simplifiée des émissions CO <sub>2</sub> dans une chaîne logistique .....	56
Figure 9: l'impact de la vitesse sur les émissions .....	62
Figure 10: l'impact de la charge véhicule sur les émissions CO <sub>2</sub> .....	62
Figure 11: Arbre de décision .....	65
Figure 12: Le niveau d'impact des facteurs sur les émissions en CO <sub>2</sub> .....	68
Figure 13: Tracée Q-Q plot des émissions corrigées en CO <sub>2</sub> en fonction de la classe de PTAC .....	68
Figure 14: processus de traitement de questionnaire (Wiame Ech-chelfi and El Hammoumi, 2019) .....	75
Figure 15: La taille d'entreprise des répondants .....	81
Figure 16: l'appartenance des entreprises.....	81
Figure 17: le choix des modes de transport .....	82
Figure 18: Certification 14001 des répondants .....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 19:Présentation organisationnelle d'une chaîne logistique (Ech-chelfi and EL Hammoumi, 2017).....	95
Figure 20: Le formalisme SADT (Wiame Ech-chelfi & EL Hammoumi, 2017).....	97
Figure 21 Modèle SCOR avec ses processus, d'après Supply Chain Council (1996).....	99
Figure 22 : Modèle SCOR avec les différents niveaux décisionnels, d'après SCC (1996) .....	101
Figure 23:les trois phases de modélisation SCOR(Durand, 2018) .....	102
Figure 24: La méthodologie BPR .....	104
Figure 25: Modèle simplifié d'un réseau routier .....	110
Figure 26 : Affectation coûts pour chaque trajet.....	111
Figure 27: déclaration des nœuds et l'addition des couts .....	112
Figure 28: Affichage de résultat du premier exemple .....	113
Figure 29: Extrait de Langage JAVA développé .....	114
Figure 30: Traçage manuelle des nœuds et affectation des couts.....	115
Figure 31: Schéma récapitulatif multiniveau.....	117
Figure 32: Les écarts des modèles par rapport au modèle réel.....	123
Figure 33: les valeurs prédites par rapport aux valeurs réelles selon le modèle 1 .....	126
Figure 34: Les valeurs prédites par rapport aux valeurs réelles selon le modèle 2.....	127
Figure 35:Diagramme d'utilisation pour le calcul de la consommation énergétique.....	142
Figure 36:diagramme classe pour le calcul de la consommation énergétique .....	143
Figure 37: Diagramme cas d'utilisation (auteurs).....	144
Figure 38: Diagramme classe (auteurs) .....	145
Figure 39: Base de données chauffeurs.....	148
Figure 40: code HTML pour l'affichage des véhicules selon l'emplacement géographique (auteurs).....	149
Figure 41: Tracking des positions des véhicules en coordination avec Google Maps (auteurs) .....	149
Figure 42: L'interface d'ajout d'utilisateur .....	150

<b>Figure 43: Interface d'authentification .....</b>	<b>150</b>
<b>Figure 44:Architecture de la plateforme.....</b>	<b>151</b>
<b>Figure 45: Interface d'ajout des véhicules .....</b>	<b>152</b>
<b>Figure 46:Interface ajout nouveau transporteur .....</b>	<b>152</b>
<b>Figure 47: interface de suivi de la consommation énergétique .....</b>	<b>153</b>
<b>Figure 48: Affichage d'écart entre la valeur effective et théorique .....</b>	<b>154</b>
<b>Figure 49: Le suivi mensuel d'un groupe de véhicules proposés (A, B, C, D, E).....</b>	<b>157</b>
<b>Figure 50: scénario simplifié de modèle proposé.....</b>	<b>158</b>
<b>Figure 51:Circulation normale des véhicules .....</b>	<b>159</b>
<b>Figure 52: Arrêt de véhicule (auteurs) .....</b>	<b>159</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1: Récapitulation des articles étudiés( Ech-chelfi and El Hammoumi, 2019) .....</b>	<b>13</b>
<b>Tableau 2 : Méthodologie de recherche.....</b>	<b>25</b>
<b>Tableau 3: Nombre d'article pour un ensemble des journaux.....</b>	<b>25</b>
<b>Tableau 4: Nombre d'articles par pays .....</b>	<b>26</b>
<b>Tableau 5: définitions et évolution de SCM (Ech-chelfi and El Hammoumi, 2017a).....</b>	<b>27</b>
<b>Tableau 6: Mesures du rendement pour différents facteurs(auteurs).....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 7: les paramètres d'émission du modèle MEET selon la classe de véhicule .....</b>	<b>61</b>
<b>Tableau 8: les paramètres de la correction de la pente de route.....</b>	<b>63</b>
<b>Tableau 9: Facteurs de correction de charge (LC) appliqués aux véhicules lourds.....</b>	<b>63</b>
<b>Tableau 10 : résultat d'un scénario simplifié .....</b>	<b>65</b>
<b>Tableau 11: Traitement statistique de scénario simplifié .....</b>	<b>66</b>
<b>Tableau 12: Forme juridique.....</b>	<b>83</b>
<b>Tableau 13: Taille des entreprises.....</b>	<b>83</b>
<b>Tableau 14: secteur d'activité des entreprises enquêtées .....</b>	<b>83</b>
<b>Tableau 15: Mode du Transport .....</b>	<b>83</b>
<b>Tableau 16: Sous-traitance .....</b>	<b>84</b>
<b>Tableau 17: Satisfaction .....</b>	<b>84</b>
<b>Tableau 18: Nombre d'envoi .....</b>	<b>84</b>
<b>Tableau 19: Analyse risque.....</b>	<b>85</b>
<b>Tableau 20: Prévention des risques.....</b>	<b>85</b>
<b>Tableau 21: Certification 14001 .....</b>	<b>85</b>
<b>Tableau 22: Mesure14001 .....</b>	<b>86</b>
<b>Tableau 23: Corrélations inter-questions (Ech-Chelfi and El Hammoumi, 2019) .....</b>	<b>88</b>
<b>Tableau 24: Variables introduites/éliminées .....</b>	<b>90</b>
<b>Tableau 25: Récapitulatif des modèles .....</b>	<b>90</b>
<b>Tableau 26: ANOVAa .....</b>	<b>90</b>
<b>Tableau 27: Coefficients.....</b>	<b>91</b>
<b>Tableau 28: les KPI's du modèle SCOR (Paul, John et Laville, 2007).....</b>	<b>105</b>
<b>Tableau 29: Tableau récapitulatif des données de trajet (Ech-chelfi and EL Hammoumi, 2019) .....</b>	<b>110</b>
<b>Tableau 30: Affichage des résultats obtenus .....</b>	<b>115</b>
<b>Tableau 31: Corrélations intervariables.....</b>	<b>120</b>
<b>Tableau 32: Test de la contribution d'un ensemble de prédicteurs à un modèle utilisant SPSS .....</b>	<b>122</b>
<b>Tableau 33: Les fonctions de la régression multiple de modèle 1 et 2 .....</b>	<b>123</b>
<b>Tableau 34: Récapitulatif de modèle 3.....</b>	<b>125</b>
<b>Tableau 35: La fonction multi variable de modèle 3 .....</b>	<b>125</b>

**LISTE DES ACRONYMES**

<b>ADR</b>	Accord For Dangerous Goods by Road
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>APS</b>	Advanced Planning System
<b>ATP</b>	L'accord Sur Le Transport Des Denrées Périissables
<b>CMEM</b>	Comprehensive Modal Emission Model
<b>CMR</b>	Contrat De Transport International De Marchandises Par Route
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dioxyde Du Carbon
<b>COPERT</b>	Computer Programme to calculate Emissions from Road Transportation
<b>COV</b>	Composés Organiques Volatils
<b>CPFR</b>	Collaborative Planning Forecasting And Replenishment
<b>CPR</b>	Continuous Replenishment Program
<b>CSS</b>	Cascading Style Sheets
<b>CV</b>	Cheval Fiscal
<b>DD</b>	Développement Durable
<b>ECR</b>	Efficient Consumer's Response
<b>EDI</b>	Echange De Données Informatisé
<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning
<b>FSG</b>	Front Genetic Algorithm
<b>GC</b>	Gradient Corrected
<b>GES</b>	Gaz A Effet De Serre
<b>GPA</b>	Gestion Partagée Des Approvisionnements
<b>Gr SCM</b>	Green Supply Chain Management
<b>HTML</b>	Hypertext Markup Language
<b>ISO</b>	International Organization For Standardization
<b>KPIs</b>	Key Performance Indicator
<b>LC</b>	Load Corrected
<b>LC<sub>e</sub></b>	Load Corrected Emission
<b>LP</b>	Facteur De Charge
<b>MAS</b>	Multi Agent System
<b>ME</b>	Mesure Environnementale
<b>MEET</b>	Methodology for Calculating Transportation Emissions And Energy Consumption
<b>MIP</b>	Mixed Integer Programming
<b>MP</b>	Matière Première
<b>NAEI</b>	National Atmospheric Emissions Inventory
<b>NO</b>	Oxyde Nitrique
<b>NO<sub>x</sub></b>	Oxyde D'azote
<b>PHP</b>	Hypertext Preprocessor

<b>PHP</b>	Hypertext Preprocessor
<b>PIB</b>	Produit Intérieur Brut
<b>PM</b>	Particulate Matter
<b>PME</b>	Petite Moyenne Entreprise
<b>PRP</b>	Pollution Routing Problem
<b>PTAC</b>	Poids Total Autorisé En Charge
<b>PTAC</b>	Poids Total En Charge Autorisé(Tonne)
<b>PV</b>	Poids Vide (Tonne)
<b>QCD</b>	Qualité/Cout/Délai
<b>Q-Q plot</b>	Quantile-Quantile Plot
<b>RFID</b>	Radio Frequency Identification
<b>SAP</b>	Système Avancé De Planification
<b>SCM</b>	Supply Chain Management
<b>SCML</b>	Supply Chain Modelling Language
<b>SCN</b>	Supply Chain Network
<b>SCNE</b>	Supply Chain Network Equilibrium
<b>SCOR</b>	Supply Chain Operations Reference
<b>SGBDR</b>	Système De Gestion De Bases De Données Relationnelles
<b>SIG</b>	Le Seuil De Signification
<b>SME</b>	Systèmes De Management Environnemental
<b>SMILE</b>	Strategic Model for Integrated Logistic Evaluations
<b>SORA</b>	Safety Of Road Agent
<b>SPP</b>	Shortest Path Problem
<b>SQL</b>	Structured Query Language
<b>SSC</b>	Sustainable Supply Chain
<b>SSCPM</b>	Sustainable Supply Chain Performance Measurement
<b>SSM</b>	Sustainable Supply Management
<b>TIC</b>	Technologies De L'information Et De La Communication
<b>TIR</b>	Transport International Routier
<b>TLEA</b>	Traffic Load Estimation Agent
<b>TMS</b>	Transport Management Systems
<b>TORA</b>	Type Of Road Agent
<b>TPE</b>	Toute Petite Entreprise
<b>TRM</b>	Transport Routier De Marchandises
<b>TTC</b>	Total Transportation Cost
<b>TTEA</b>	Trip Time Estimation Agent
<b>UE</b>	Union Européene
<b>UML</b>	Unified Modelling Language
<b>VRP</b>	Vehicle Routing Problem
<b>WMS</b>	Warehouse Management Systems
<b>XML</b>	Extensible Markup Language

## INTRODUCTION GENERALE

### i) Contexte général

La supply chain management est la gestion de l'ensemble des flux y compris le flux des marchandises, d'informations et d'autres ressources d'un point d'origine à un point d'arrivée afin de répondre aux besoins des utilisateurs finaux. Les activités logistiques comprennent le transport de marchandises, le stockage, la manutention et tous les traitements de l'information connexe. Le principal objectif de la logistique est de coordonner ces activités de manière à répondre aux besoins des clients, tout en créant un avantage concurrentiel.

Aujourd'hui la logistique ne cesse de se développer et devient de plus en plus un moteur incontestable de la croissance économique, avec des biens et services de plus en plus importants à gérer.

Une revue de littérature permet de constater le rôle primordial de la logistique dans le développement de toute entreprise, elle permet la livraison des produits aux clients tout en respectant le triangle QCD (qualité, coût et délai) avec une synchronisation de l'offre à la demande.

Ces dernières années, le transport de marchandises est devenu un défi logistique à multiples facettes, c'est un élément moteur de la bonne démarche logistique due à l'immense volume de fret avec les différents modes de transport. Malgré le rôle vital du transport de marchandises dans le développement économique, le transport et en particulier celui des marchandises, est indéniablement nécessaire au bon fonctionnement du tissu productif de par sa présence au niveau de tous les maillons de la chaîne de valeur, de l'amont à l'aval. Il s'agit, de ce fait, d'un secteur d'appui contribuant à la croissance économique, comme en témoigne la corrélation positive entre l'évolution de l'activité économique globale et la croissance du secteur.

Pour une société de services logistiques ou pour une entreprise qui fait appel aux services d'une telle société, certain nombre de questions se pose lorsqu'on envisage de faire transporter des marchandises par camion, notamment en ce qui concerne le rapport coût-efficacité-efficience, les risques associés à la supply chain et aux fournisseurs, la conformité aux règlements douaniers et aux autres exigences inter frontalières, ainsi que les facteurs économiques, environnementaux et sociaux liés à des facteurs multiples.

Dans un environnement de plus en plus compétitif et devant le rôle pertinent du transport routier de marchandises, nous ne pouvons pas négliger les effets néfastes de ce secteur et les répercussions négatives sur l'environnement et la santé humaine, pour cela la gestion des risques du TRM reste un



enjeu majeur pour la supply chain management dans un contexte élargi de respect de l'environnement et les exigences du développement durable.

## ii) Problématique et objectifs

Au Maroc le transport routier constitue le principal mode de transport domestique des marchandises dans la mesure où il représente plus de 75% du fret national (hors phosphates), les camions demeurent le premier moyen de transport routier des marchandises. Cependant, le transport routier des marchandises pâtit de plusieurs difficultés qui freinent son développement et entravent son fonctionnement, parmi celles-ci, il y a lieu de citer, l'atomicité et la fragmentation qui se reflètent dans la composition du secteur dominé par les TPE et les PME qui représentent 95% des entreprises opérant dans le secteur dont 90% sont des entreprises individuelles. Ces entreprises détiennent chacune une flotte moyenne de 3 à 5 camions, ces petites entités échappent généralement à la réglementation sociale et fiscale face aux entreprises structurées qui ne représentent que 10%. A cela, il convient d'ajouter la vétusté du parc national, dont l'âge moyen est de 13 ans selon la direction des études et des prévisions financières de Ministère de l'économie et des finances (2013).

De même, la forte concurrence exercée par l'informel, dont la part dépasse 40%, constitue un véritable handicap au développement du secteur. L'ensemble de ces facteurs contribue à rendre le coût du transport au Maroc relativement élevé et impacte négativement la compétitivité de la production nationale et le bon fonctionnement de toute la chaîne logistique.

Pour appréhender le domaine du TRM, une étude approfondie de la littérature et des différents travaux de la recherche a permis de soulever différentes questions :

- ✓ Que signifie exactement la notion de SCM ?
- ✓ Y a-t-il des travaux de recherches qui traitent les risques de transport routier de marchandises dans une supply chain ?
- ✓ Quelles sont les règles à suivre pour assurer l'optimisation de transport de marchandises ?
- ✓ Quelles sont les recherches qui ont abordé le développement durable ?
- ✓ Comment peut-on assurer le TRM dans le cadre de développement durable ?
- ✓ Comment peut-on gérer les risques de transport routier de marchandises dans une chaîne logistique globale dans le cadre de développement durable ?

A partir de ces questions, cette thèse propose un état de l'art des recherches effectuées dans les domaines SCM, TRM et DD ainsi que les travaux qui traitent la corrélation de ces concepts.

Notre préoccupation majeure vise à s'appuyer sur la littérature pour réaliser et proposer un modèle bien adapté au contexte marocain et à la démarche durable.

Notre objectif principal est alors formulé comme suit :

« *La gestion des risques du transport routier de marchandises (TRM) d'une chaîne logistique globale dans le cadre du développement durable.*

*Approches structurelles et modèles de fonctionnements optimisés »*

La problématique étudiée ainsi que les domaines de recherche qui lui sont associés, sont présentés dans la figure suivante :

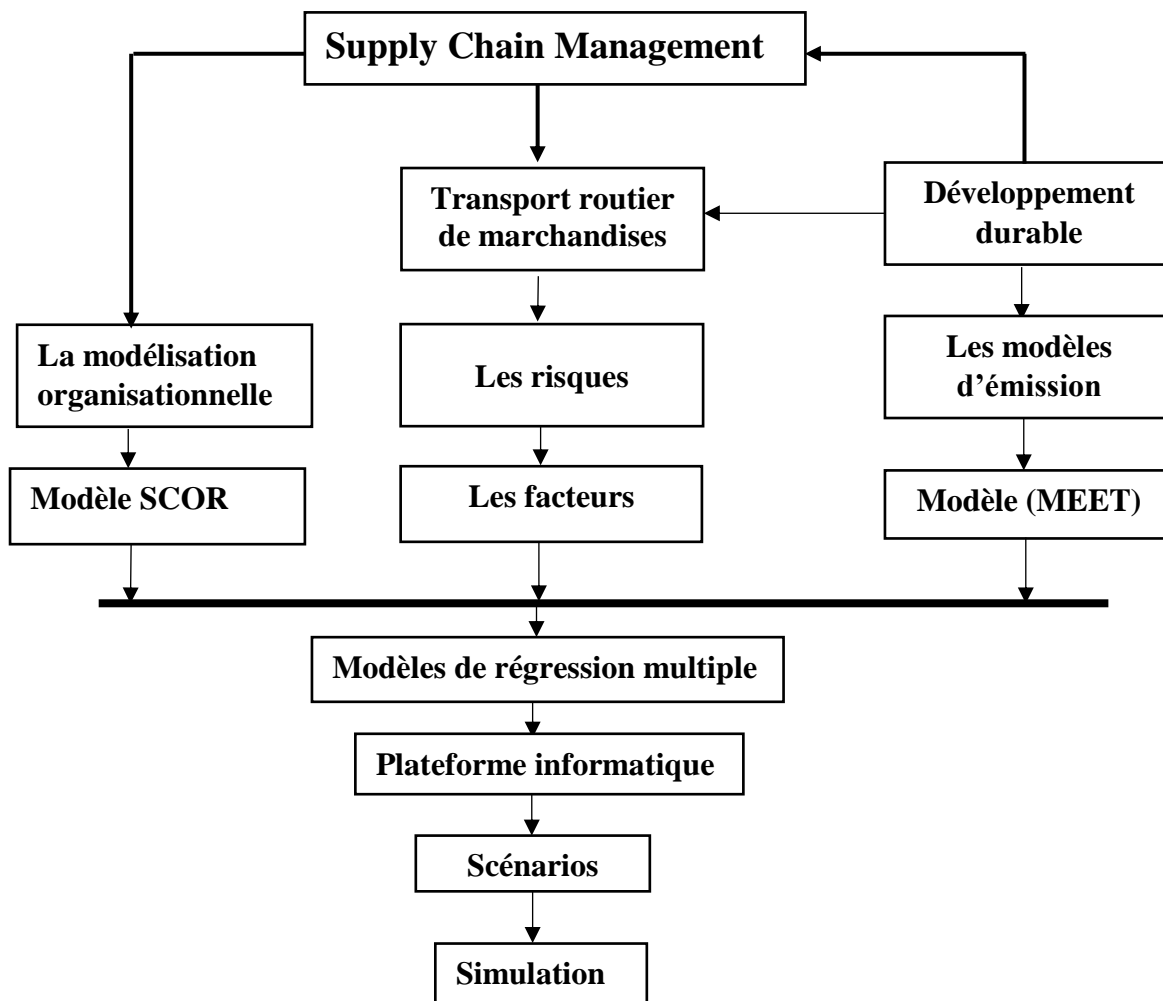


Figure 1: Domaine d'études de la thèse avec les différentes interactions

### iii) Organisation de la thèse

Le sujet de cette thèse nous a menés à réfléchir à la composition suivante :

- ✓ Les risques et les facteurs d'émissions du transport routier de marchandises dans un contexte industriel et durable.
- ✓ Une accessibilité à l'information et la gestion des risques.
- ✓ Développement d'un modèle et d'une application informatique qui sera destinée aux conducteurs et aux responsables supply chain.

Pour répondre à cet objectif le travail de thèse est composé de six chapitres structurés ci-dessous et représentés dans la figure 2.

- **Le premier chapitre** présente un état d'art traitant trois grands concepts SCM, TRM et développement durable afin de mieux nous situer par rapport aux travaux de recherche existants, d'avoir une idée éclairée sur l'évolution de ces thèmes dans le temps ainsi de présenter un état des lieux de transport routier de marchandises au Maroc.

- **Le deuxième chapitre** se focalise sur le transport routier de marchandises, nous présentons les risques et facteurs liés à ce secteur ainsi les modèles permettant le calcul des émissions en CO<sub>2</sub> et la consommation énergétique.

- **Le chapitre 3** permet d'analyser le comportement des sociétés marocaines concernant l'utilisation du transport routier de marchandises et leurs implications en termes d'approches environnementales. Ainsi, une analyse d'enquête a été réalisée en appliquant un questionnaire d'état des lieux pour évaluer la perception des responsables environnementaux, logistiques et administrateurs d'entreprises sur des problèmes environnementaux liés à des activités du transport et de la logistique.

- **Le chapitre 4** traite le transport routier de marchandises dans une chaîne logistique globale selon les trois niveaux du modèle SCOR tout en développant des modèles à base de la régression linéaire multiple permettant le calcul de la consommation énergétique.

- **Le chapitre 5** est bien consacré à la conception et le développement d'une plateforme partagée, pour gérer et minimiser les risques du transport routier de marchandises. Cette contribution passe par deux parties la première concerne la modélisation de l'interface de consommation énergétique et la deuxième partie concerne la modélisation de tracking véhicules en tenant compte des différents agents de la chaîne logistique à savoir le responsable de la flotte véhicule, les chauffeurs...

- **Le chapitre 6** présente une interface récapitulative contenant un volet traitant la consommation énergétique à l'aide du modèle de régression multiple développé dans le chapitre 4 et un volet de suivi des véhicules à l'aide du programme développé dans le chapitre 5 avec des scénarios de validation proposés à la fin du document, la plateforme est bien développée à l'aide du langage PHP, qui permet d'analyser la consommation énergétique et d'afficher la circulation des véhicules et de détecter les différentes anomalies sur les autoroutes. Ce qui peut aider à accélérer la durée d'intervention et débloquer la situation du véhicule.

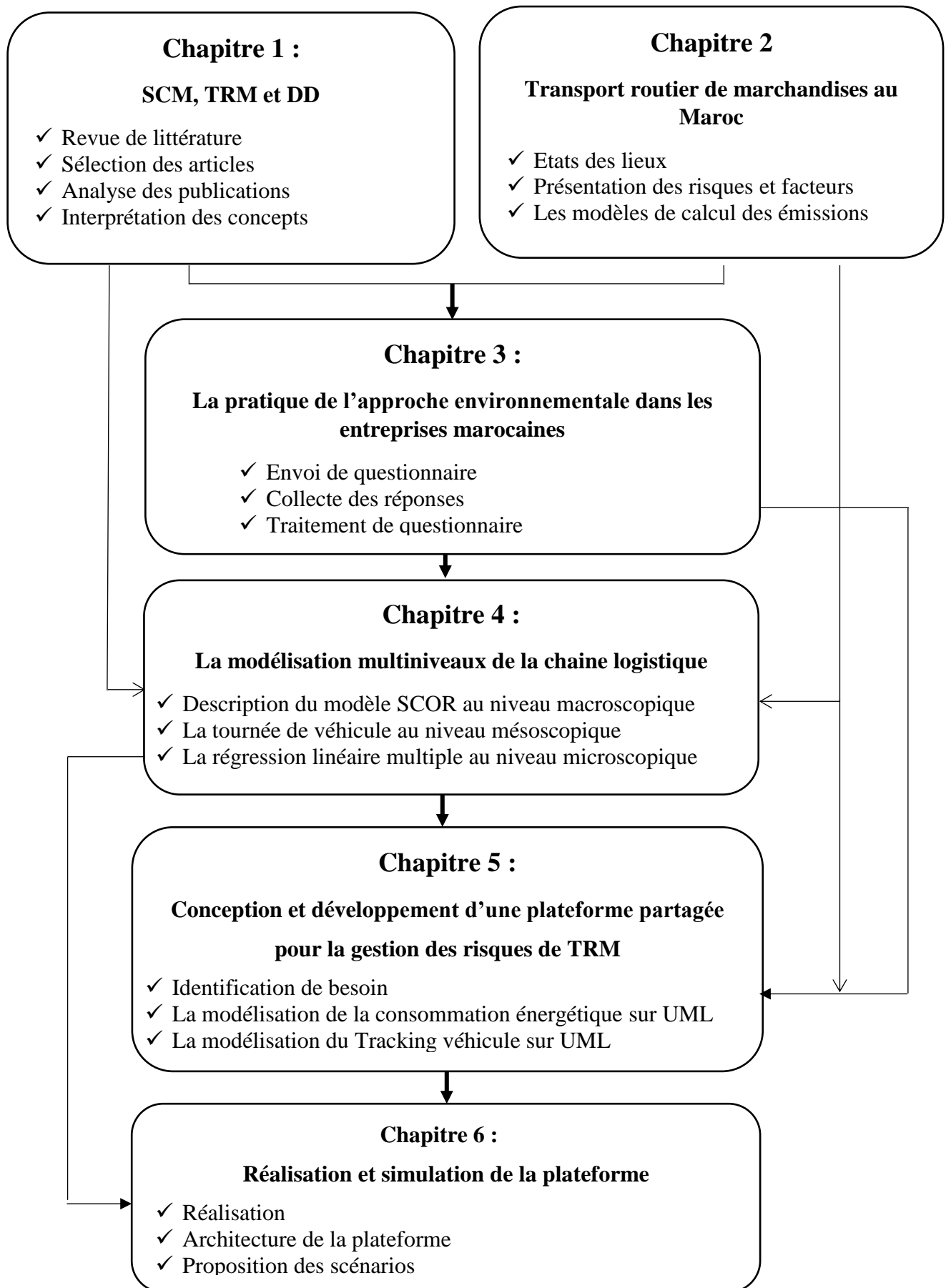


Figure 2: Organisation globale de la thèse

## I. Introduction

# SCM ET TRM DANS LE CADRE DE DEVELOPPEMENT DURABLE : ETAT DE L'ART

## I. Introduction

Le présent chapitre a pour objectif de catégoriser les recherches liées à la gestion de la chaîne logistique(SCM), au transport routier de marchandises et au développement durable, et de les classer en ordre chronologique afin d'analyser l'avancement dans ces trois disciplines. La revue est basée sur 50 articles publiés entre 2000 et 2017 dans des revues internationales, le traitement de ces articles se fait en fonction des caractéristiques définies de l'article (date de publication, titre de la revue, pays, méthodologie de recherche adoptée, objectif(s) de l'article, axes réalisés et indicateurs de suivi).

L'étude des sujets en relation avec le transport routier de marchandises, supply chain management et le développement durable a suscité un intérêt croissant au cours de la dernière décennie de la part des praticiens et de la communauté des chercheurs en particulier Ciliberti et al. (2008a), Marchet *et al.*( 2014), Mason et al. (2007), Perego et al.( 2011) et Seuring et al. (2008a).

La raison de cette importance est principalement due aux préoccupations environnementales croissantes, telles que la pollution de l'environnement qui accompagne le développement industriel. Dans ce sens, McKinnon et al. (2009) ont examiné les différentes méthodes de contrôle du carbone du transport routier de marchandises au niveau du Royaume-Uni, avec une comparaison des résultats obtenus d'une seule année (2006). Egalement ils ont mis en évidence une série d'anomalies statistiques et d'approximations tout en expliquant les divergences apparues dans l'ensemble des données britanniques. En outre, d'autres facteurs clés abordés par Murphy, tels que la réglementation gouvernementale, l'évolution de la demande des consommateurs et le développement des normes de

certification internationales (2003) ce qui a conduit les entreprises à s'intéresser aux initiatives du développement durable avec une attention croissante.

Selon l'article de Ciliberti et al., (2008b), il est intéressant de noter que la recherche sur ces sujets a progressivement augmenté, exposant ainsi la nécessité d'attirer l'attention sur la durabilité environnementale au sein des entreprises qui réalisent des activités logistiques et de transport en interne ou les confient à des tiers.

En tant que telle, une tentative initiale de résumer et de créer une revue sur le sujet peut s'avérer particulièrement bénéfique. De manière cohérente avec l'analyse ci-dessus, le présent chapitre a pour but d'offrir un examen des contributions sur le thème DD du point de vue de transport routier impliqué dans le processus de logistique. Les principaux objectifs de cet axe sont les suivants :

- ✓ Classifier la recherche sur ces sujets en tant que guide pour les praticiens et les universitaires, en fonction des principales caractéristiques (par exemple année de publication, titre de la revue, régions concernées et méthodologie de recherche adoptée).
- ✓ Analyser les publications traitant des sujets de transport routier de marchandises, SCM et développement durable.

La nécessité d'axer la revue de la littérature actuelle sur un thème aussi spécifique peut s'expliquer également par la présence des nombreuses revues de la littérature qui se sont déjà focalisées sur le traitement de SCM, développement durable ou transport routier de marchandises. En tant que tel, nous avons constaté que c'est plus utile de nous focaliser sur une portée plus limitée et d'effectuer un examen approfondi sur la corrélation de ces concepts dans un seul travail.

Le travail de l'état synthèse (Ech-chelfi and El Hammoumi, 2019) est organisé comme suit :

- ✓ La section II fournit la méthodologie adoptée dans le cadre d'examen des publications.
- ✓ La section III présente et discute les résultats de l'examen selon cinq thèmes clés, à savoir le pays impliqué, les objectifs de la recherche, la méthode adoptée, les axes développés et les indicateurs d'évaluation choisis dans chaque travail abordé.
- ✓ La section IV, des conclusions et des limites sont identifiées.

## II. Méthodologie

---

## II. Méthodologie

### II.1. Domaine d'analyse

La présente analyse s'intéresse à la littérature relative au développement durable dans la chaîne logistique et le transport de point de vue conjoint des praticiens de la supply chain et des chercheurs. En particulier, nous avons considéré le point de vue des études des cas réalisées pour gérer la chaîne logistique ainsi les initiatives des entreprises dans la gestion des risques de transport, le rôle des associations et la réglementation pour mettre en pratique le principe du développement durable.

En s'appuyant sur le processus de Srivastava et al., (2007), nous avons adopté les étapes suivantes :

#### a. Etape 1 : Définition de l'unité d'analyse

L'unité d'analyse a été définie comme un document de recherche unique publié dans un journal international

#### b. Etape 2 : Contexte de classification

Nous sélectionnons et définissons le contexte de classification à appliquer dans la revue de la littérature pour structurer et classer le matériel (c.-à-d. SCM, transport routier de marchandises et développement durable)

#### c. Etape 3 : Evaluation

Chaque article choisi est analysé et trié en fonction du contexte de classification. Cela permet d'identifier les problèmes pertinents et d'interpréter les résultats. Spécifiquement, des articles qui examinent la mise en œuvre des initiatives du transport et de la logistique dans le cadre de développement durable dans une entreprise donnée (par exemple, étude de cas ou entretien) et les articles traitant des modèles ou des indicateurs permettant d'évaluer l'impact de telles initiatives sur les activités de l'entreprise ont également été inclus.

#### d. Etape 4 : Collecte de publications

Cette revue de la littérature est focalisée sur les articles de revues scientifiques. Le point de départ de la recherche des publications était un certain nombre de bases de données (par exemple: Scopus, Science Direct, ISIWeb of Knowledge, Scirus, and Google Scholar).

La recherche a été effectuée à l'aide de mots-clés importants tels que SCM, transport routier de marchandise, développement durable, logistique durable, réduction CO<sub>2</sub>, transport dans une SCM, qui ont été recherchés dans le résumé et le corps principal de l'article.

Cette méthode a permis d'identifier les recherches pertinentes publiées dans toutes les revues majeures de logistique et de transport, ainsi que dans les revues de l'environnement et de l'énergie. Par exemple: *Computers and Chemical Engineering*, *Computers and Operations Research*,

*Computers in Industry, Decision Support Systems, Energy Policy, European Journal of Operational Research, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, International Journal of Production Economics...*

e. Etape 5 : Délimiter le champ.

Comme le nombre de références en croissance, il a été constaté que certaines d'entre elles étaient plus importantes que d'autres. À partir de cette large base, un sous-ensemble d'articles traitant directement le développement durable soit du point de vue « de la chaîne logistique» ou «de la logistique et des transports», a été sélectionné.

Seuls les articles dont l'objet principal abordent le TRM, la SCM ou/et le développement durable ont été sélectionnés et donc les articles qui les mentionnaient seulement dans leurs remarques d'introduction, ou comme thèmes de recherche collatéraux, ont été exclus.

Dans ce sous-ensemble, un groupe d'articles a identifié spécifiquement les questions de la durabilité dans le domaine de la logistique et des activités de transport. Ce groupe est considéré aux fins du présent examen.

## II.2. Méthode d'examen

Il existe différentes méthodes de recherches utilisées dans les articles suivants: (Barbati et al., 2012), (Caunhye et al., 2012), (Demir et al., 2014b), (Mary J Meixell and Norbis, 2008), (Perego et al., 2011), (Seuring and Muller, 2008b) et (Samir K. Srivastava, 2007), cela nous offre un benchmarking de différents travaux réalisés à l'étranger et au Maroc, ce qui peut aider à enrichir notre méthodologie de rédaction et de développement de sujet de la thèse.

En suivant la démarche de Perego et al, nous avons classé les contributions selon une approche à deux volets. D'une part, nous avons classé les documents en fonction de la ou des méthodes de recherche adoptées. D'autre part, nous avons examiné les documents à base de leur contenu (2011).

À ce titre, nous avons analysé la littérature sélectionnée pour identifier l'évolution de SCM et les efforts fournis pour assurer une chaîne logistique performante et durable, ainsi les différentes recherches théoriques ou pratiques sur la gestion des risques de transport routier de marchandises ainsi les efforts fournis dans ce sens.

Pour réussir la maîtrise et la satisfaction de l'objectif principal de la thèse, nous avons regroupé l'analyse autour de quatre thèmes clés suite à la démarche de Meixell dans son article (Mary J. Meixell and Norbis, 2008) :

- ✓ La pertinence du thème abordé sera en relation avec SCM, transport routier de marchandise et le développement durable.
- ✓ L'objectif souhaité pour chaque travail.



## II. Méthodologie

---

- ✓ La méthode de recherche (empirique, analytique, conceptuelle, revue, ...).
- ✓ Les grands axes réalisés dans le travail.
- ✓ Et les indicateurs d'évaluations proposés.

### II.3. Principales caractéristiques des publications analysées

Nous rapportons dans le tableau 1 le contenu et les caractéristiques de chaque article. Les articles sont classés par ordre chronologique, afin de refléter l'évolution des questions d'adoption du transport routier de marchandises, de la SCM et du développement durable au fil du temps, ainsi que les applications et technologies progressivement disponibles sur le marché et d'intérêt général pour la communauté universitaire. Dans les sous-sections présentées ci-dessous, les articles examinés sont analysés selon la méthode de recherche et le thème (s) abordé (s).

**Tableau 1: Récapitulation des articles étudiés** (Ech-chelfi and El Hammoumi, 2019)

N°	Auteur (Année)	Titre	Journal	Pays	Méthode de recherche	Objectif de l'article	Les grands axes réalisés	Les indicateurs proposés
1	(Croom et al., 2000)	Supply chain management : an analytical framework for critical literature review	European Journal of Purchasing & Supply Management	Royaume-Uni	Empirique	- Contribuer à un débat théorique critique en présentant et en utilisant un cadre pour la catégorisation de la littérature liée à la gestion de la chaîne logistique	- Une taxonomie ou une topologie du "domaine de la gestion de la chaîne logistique", à la fois pour faciliter la classification de la recherche dans le domaine et pour fournir un cadre permettant d'identifier le contenu clé du sujet	- Absent
2	(Murphy and Poist, 2003)	Green perspectives and practices : a «comparative logistics» study	Supply Chain Management : An International Journal	États-Unis	Empirique	- confirmer les suggestions de la littérature selon lesquelles les préoccupations écologiques élargiront le champ de la logistique et influenceront la manière dont les gestionnaires de la logistique s'acquittent de leurs tâches	- Comparaison des points de vue et des expériences des États-Unis et d'autres pays concernant certains problèmes, politiques et stratégies environnementales	- Réduire la consommation - Réutiliser les matériaux - recycler les matériaux - Refonder le système logistique - Promouvoir les efforts de coopération de l'industrie - Utiliser des tiers pour gérer les problèmes environnementaux
3	(Yan et al., 2003)	A strategic model for supply chain design with logical constraints : formulation and solution	Computers and Operations Research	La Chine	Empirique	- Montrer comment les techniques de modélisation en programmation à nombres entiers mixtes peuvent être appliquées à la conception de la chaîne logistique	- Formulation d'un modèle de programmation en nombres entiers mixtes (MIP) multi-produits, multi-échelons, sur une seule période pour la conception d'une chaîne d'approvisionnement - Analyse des contraintes logiques des nomenclatures - la représentation des contraintes logiques dans la formulation de la programmation linéaire - Résolution d'un problème de test	- Coût unitaire de commande - Coût unitaire de transport - Coût unitaire de distribution
4	(Shapiro, 2004)	Challenges of strategic supply chain planning and Modelling	Computers and Chemical Engineering	États-Unis	Modélisation et organisation	- Fournir un bref aperçu des problèmes liés à l'expansion des processus d'entreprise pour exploiter la planification stratégique de la chaîne logistique fondée sur des faits et ses extensions naturelles à la planification d'entreprise	- Elargissement de la portée des études et des modèles de planification stratégique de la chaîne logistique. - La mise en place des théories réfléchies de la stratégie dans des modèles d'optimisation basés sur les données. - Formalisation de la planification de scénarios avec une application de la programmation stochastique et des modélisations des risques. - Elargissement des processus opérationnels pour exploiter l'analyse factuelle des plans stratégiques.	- Absent

## II. Méthodologie

5	(Léonardi and Baumgartner, 2004)	CO <sub>2</sub> efficiency in road freight transportation : Status quo, measures and potential	Transportation Research Part D : Transport and Environment	L'Allemagne	Empirique	- Comprendre et mesurer les améliorations d'efficacité dans le secteur du transport routier de marchandises	- Quantification des principaux paramètres responsables de l'efficacité des activités de transport de fret dans une enquête de terrain - Identification des facteurs influençant la réussite de la mise en œuvre de mesures d'efficacité	- Efficacité Logistique - efficacité du véhicule - Efficacité du conducteur - Efficacité de la route
6	(Fleisch and Tellkamp, 2005)	Inventory inaccuracy and supply chain performance : a simulation study of a retail supply chain	International journal Production Economics	La Suisse	Simulation	- Examiner la relation entre l'inexactitude des stocks et les performances dans une chaîne logistique de vente au détail.	- Simulation de l'impact d'un inventaire erroné sur les performances de la supply chain. - Etude de l'impact de la qualité des processus, du vol et des invendables sur l'inexactitude des stocks, le niveau des ruptures de stock et le coût de l'inexactitude des stocks.	- Benchmarking - Sensibilisation, amélioration des processus - Identification par radiofréquence (RFID))
7	(Labarthe et al. 2006)	Toward a methodological framework for agent-based modelling and simulation of supply chains in a mass customization context	Simulation Modelling Practice and Theory	France	Modélisation et simulation	- Proposer un cadre de modélisation des agents pour la modélisation et la simulation de la supply chain - Adapter le cadre de modélisation à l'industrie des clubs de golf et présenter un plan d'expérience associé	- Définition, implémentation et exploitation d'un modèle de simulation basé sur agent dans un environnement logiciel spécifique. - Développement de trois niveaux de préoccupation: conceptuel, opérationnel et expérimental et définition des modèles spécifiques pour chaque niveau.	- Évaluer les risques potentiels et les avantages envisagés.
8	(Caputo et al., 2006)	A genetic approach for freight transportation planning	Industrial Management & Data Systems	L'Italie	Analytique	- Présenter une méthodologie permettant de planifier de manière optimale les opérations de transport routier sur de longues distances en combinant correctement les commandes des clients dans des cargaisons séparées ou des chargements partiels afin de minimiser les coûts de transport totaux	- Démonstration de l'efficacité des techniques informatiques évolutives dans la planification tactique des activités de transport. - Démonstration de la possibilité de réalisation des économies importantes sur le coût global du transport dans un scénario réel.	- Absent
9	(Samir K Srivastava, 2007)	Green supply-chain management : A state-of-the-art literature review	International Journal of Management Reviews	États-Unis	revue	- Présenter un bilan de la gestion de la supply chain verte en intégrant toutes les activités de la région.	- Une analyse qualitative pour classer la littérature existante en fonction du contexte du problème - Cartographie des outils / techniques du problème - Préparation d'un calendrier indiquant les documents pertinents au profit des universitaires, des chercheurs et des praticiens.	- la fabrication verte et ré usage - réduction / recyclage / reconditionnement - Logistique inversée
10	(Mason et al., 2007)	Combining vertical and horizontal collaboration for transport optimisation	Supply Chain Management : An International Journal	Royaume-Uni	Empirique	- Mettre l'accent sur les SCs axées sur le client et ses relations avec la gestion du transport de marchandises	- Explication du rôle du transport dans la gestion moderne de la chaîne logistique. - Un exemple d'étude de cas sur la collaboration en matière de transport latéral.	- Efficacité - Utilisation des actifs - Réponse du client
11	(Mary J Meixell and Norbis, 2008)	A review of the transportation mode choice and carrier selection literature	The International Journal of Logistics Management	États-Unis	Revue	- Classer la recherche sur le choix du transport (choix du mode et du transporteur) pour un aperçu des sujets.	- Un système de classification des différents modes de transport - Proposition d'un guide structuré pour les recherches futures;	- Absent

CHAPITRE 1 : SCM ET TRM DANS LE CADRE DE DEVELOPPEMENT DURABLE : ETAT DE L'ART

12	(Vachon and Mao, 2008a)	Linking supply chain strength to sustainable development : a country-level analysis	Journal of Cleaner Production	Canada	Empirique	- Étudie le lien important qui existe entre les caractéristiques de la supply chain et le développement durable dans le pays.	- Présentation du lien théorique entre la force de la chaîne logistique et le développement durable	- Performance. environnementale - Taux de recyclage des déchets. - Efficacité. - Énergétique. - Les émissions de gaz à effet de serre. - Innovation environnementale - Pratiques environnementales des entreprises - Nombre d'installations certifiées ISO 14001. - Durabilité sociale. - Pratiques de travail équitables. - Implication sociale des entreprises. - L'indice de Gini.
13	(Ciliberti et al., 2008b)	Investigating corporate social responsibility in supply chains : a SME perspective Francesco	Journal of Cleaner Production	L'Italie	Méthode multiple	- Analyser les pratiques adoptées et les difficultés rencontrées par les petites et moyennes entreprises pour transférer des comportements socialement responsables aux fournisseurs.	- Identification des pratiques et des difficultés, respectivement, adoptées et rencontrées par les PME pour transférer des comportements socialement responsables aux partenaires de leurs chaînes logistiques. - Une étude de cas multiple sur cinq PME italiennes socialement responsables.	- Absent
14	(Hutchins and Sutherland, 2008)	An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions	Journal of Cleaner Production	États-Unis	Méthode multiple	- Passer en revue les paramètres et indicateurs d'impacts sociaux et d'initiatives relatives à leur capacité - Evaluer la durabilité sociale des chaînes logistiques. - Explorer la relation entre la prise de décision commerciale et la durabilité sociale.	- Une discussion approfondie sur la manière d'intégrer la dimension sociale de la durabilité dans la prise de décision. - Identification des variables critiques avec les conditions de la validité des modèles suite à un processus de pondération des indicateurs.	- Équité du travail - Soins de santé - Sécurité - philanthropie
15	(Seuring and Muller, 2008b)	From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management	Journal of Cleaner Production	L'Allemagne	Revue & conceptuel	- Offrir une revue de la littérature sur la gestion durable de la chaîne logistique comprenant 191 articles publiés entre 1994 et 2007. - Offrir un cadre conceptuel pour résumer la recherche	- La gestion durable de la chaîne logistique et les problèmes qui se posent dans ce domaine. Il propose une conceptualisation basée sur une revue de littérature.	- Exigences légales / réglementation - les demandes des clients - Avantage concurrentiel - Groupes de pression environnementale et sociale

## II. Méthodologie

								- Perte de réputation
16	(Chatfield et al., 2009)	SCML : An information framework to support supply chain modeling	European Journal of Operational Research	États-Unis	Conceptuel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Développer une norme d'information ouverte pour faciliter la modélisation, l'analyse et l'aide à la décision dans la chaîne d'approvisionnement.</li> <li>- Développer plusieurs logiciels pour aider les développeurs dans l'utilisation des SCML</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- un aperçu du langage de modélisation de la chaîne d'approvisionnement (SCML)</li> <li>- Discussion des technologies de création et de traitement de fichiers SCML et description d'un exemple d'application compatible au SCML.</li> </ul>	- Absent
17	(Natarajaram et al., 2009)	Managing supply chains in times of crisis : a review of literature and insights	International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	États-Unis	Revue de littérature	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire les pratiques actuelles et les tendances de la recherche dans la gestion des chaînes d'approvisionnement en crise.</li> <li>- Fournir des orientations pour les recherches futures sur la gestion de crise dans la chaîne d'approvisionnement.</li> </ul>	- Compte tenu de l'état de la recherche dans le domaine de la gestion des chaînes d'approvisionnement en temps de crise.	- Absent
18	(Chalette and Venkat, 2009)	The energy and carbon intensity of wine distribution : A study of logistical options for delivering wine to consumers	Journal of Cleaner Production	États-Unis	Empirique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser un outil Web, cargo scope, pour calculer les émissions d'énergie et de carbone associées à chaque lien de transport et à chaque échelon de stockage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un aperçu du système de distribution de vin américain.</li> <li>- Construction d'un réseau représentatif pour modéliser la livraison de produits vins de spécialité aux consommateurs finaux, à la fois proches et internationaux.</li> <li>- Présentation du logiciel utilisé pour estimer la consommation d'énergie et les émissions de carbone associées à ces scénarios de livraison</li> <li>- Démonstration des différentes configurations de la chaîne d'approvisionnement qui peuvent avoir un impact sur les émissions</li> </ul>	- Absent
19	(McKinnon and Piecyk, 2009)	Measurement of CO <sub>2</sub> emissions from road freight transport : A review of UK experience	Energy Policy	Royaume-Uni	Revue	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Examiner les différentes méthodes de contrôle du carbone du transport routier de marchandises par route au niveau national et compare les résultats pour une seule année (2006) et sur une période donnée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définition du transport routier de marchandises</li> <li>- Explication des dimensions de la variabilité dans les estimations de CO<sub>2</sub> pour le transport de marchandises par route</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distance parcourue</li> <li>- efficacité énergétique moyenne</li> </ul>
20	(Piecyk and McKinnon, 2010)	Forecasting the carbon footprint of road freight transport in 2020	International Journal of Production Economics	Royaume-Uni	Empirique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer les tendances de base en matière de logistique et de gestion de la chaîne logistique et les effets environnementaux connexes jusqu'en 2020</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classement des facteurs affectant la demande de transport de marchandises, la consommation de carburant des camions et les émissions de CO<sub>2</sub> associées aux six catégories en fonction des différents niveaux de prise de décision logistique</li> <li>- Construction de trois scénarios pour évaluer les niveaux d'émission de CO<sub>2</sub> du transport routier de marchandises en 2020</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poids des biens produits / consommés</li> <li>- Poids des marchandises transportées par route</li> <li>- Tonnes de route levées</li> <li>- Tonnes-kilomètres routières</li> </ul>

## CHAPITRE 1 : SCM ET TRM DANS LE CADRE DE DEVELOPPEMENT DURABLE : ETAT DE L'ART

								<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consommation de carburant</li> <li>- Emissions de CO<sub>2</sub></li> </ul>
21	(Sarac et al., 2010)	A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management	International Journal of Production Economics	France	Revue	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présenter l'état d'art des déploiements de la technologie RFID dans les chaînes logistiques.</li> <li>- Analyser l'impact sur les performances de la supply chain.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les différentes approches pour évaluer les avantages des technologies RFID dans les chaînes logistiques.</li> <li>- Explication des avantages potentiels des technologies RFID dans les chaînes logistiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retour sur investissement (ROI)</li> <li>- Revenu de prestations</li> <li>- Coûts Matériel</li> </ul>
22	(Estampe et al., 2010)	A framework for analysing supply chain performance evaluation models	International Journal of Production Economics	France	Analytique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyser les différents modèles utilisés pour évaluer les chaînes logistiques en mettant en évidence leurs caractéristiques spécifiques et leur applicabilité dans différents contextes.</li> <li>- Offrir une grille d'analyse décomposant ces modèles en sept couches</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suggestion d'un tableau présentant divers modèles d'évaluation de performances, qui sont classés par origine du modèle, type d'analyses, conditions et contraintes pertinentes, degré de conceptualisation et indicateurs en cours d'élaboration.</li> <li>- Une comparaison des critères tels que le niveau de prise de décision, les flux spécifiques en question, la relation entre les performances et niveaux de maturité de la chaîne logistique, l'intérêt pour la dimension qualité, la compétence humaine et la durabilité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opération supply chain t (SCOR)</li> <li>- Forum mondial de la chaîne logistique (FSG)</li> <li>- Réponse efficace du consommateur (ECR)</li> <li>- BSC: tableau de bord</li> </ul>
23	(Perego et al., 2011)	ICT for logistics and freight transportation : a literature review and research agenda	International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	Italie	Revue	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classer la recherche à base des technologies de l'information et de la communication (TIC) pour la logistique et le transport de marchandises selon les principaux thèmes et méthodes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Examen de 44 contributions à la recherche publiées entre 1994 et 2009,</li> <li>- Mise au point d'une revue structurée fournissant un guide pour des recherches antérieures sur le thème des TIC pour la logistique et le transport de marchandises</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absent</li> </ul>
24	(Yamada et al., 2011)	A supply chain-transport supernetwork equilibrium model with the behaviour of freight carriers	Transportation Research Part E	Japon	Analytique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présenter un modèle d'équilibre de super-réseau intégrant des réseaux de chaîne logistique à un réseau de transport, à savoir un modèle d'équilibre de super-réseau de transport de supply chain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proposition d'un modèle d'équilibre SCN-SCN de super-réseau de transport, qui est une sorte de modèle SCNE<sup>1</sup> d'équilibre de réseau logistique, permettant l'interaction des changements de comportement des conducteurs dans les réseaux de transport et les conditions de trafic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absent</li> </ul>
25	(Demir et al., 2011)	A comparative analysis of several vehicle emission models for road freight transportation	Transportation Research Part D : Transport and Environment	Canada	Méthode multiple	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Examiner et comparer numériquement plusieurs modèles d'émissions de véhicules de transport de fret disponibles</li> <li>- Considérer leurs résultats par rapport aux études de terrain.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparaison d'un certain nombre des modèles développés pour examiner la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre associées au transport routier de marchandises</li> <li>- Les modèles produisent des résultats différents dans des simulations utilisant des hypothèses généralement réalistes, mais globalement conformes aux attentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consommation de carburant en accélération</li> <li>- Consommation de carburant en décélération</li> <li>- Consommation de carburant de croisière</li> <li>- Consommation de carburant au ralenti</li> <li>- Consommation de carburant avec vitesse</li> </ul>

<sup>1</sup> supply chain network equilibrium

## II. Méthodologie

26	(Kuo and Wang, 2011)	Optimizing the VRP by minimizing fuel consumption	Management of Environmental Quality: An International Journal	Taiwan	Analytique	- Optimiser le plan de conduite en minimisant la consommation de carburant	- Proposition d'un modèle pour calculer la consommation totale de carburant lors de l'élaboration d'un plan de routage	- Distance de circulation - Vitesse de moyen transport - Poids de chargement
27	(Chaabane et al., 2011)	Designing supply chains with sustainability considerations	Production Planning and Control	Canada	Analytique	- Présenter une méthodologie complète pour résoudre les problèmes de conception durable de la chaîne logistique, dont les missions Carbone et les coûts logistiques totaux sont pris en compte dans la phase de conception	- Introduction du problème et présentation d'un aperçu de la littérature dans le domaine de la conception d'une chaîne logistique durable - Présentation d'un modèle entier à objectifs multiples pour aider les décideurs à générer différentes configurations de la chaîne logistique et à évaluer leurs performances en ce qui concerne les contraintes économiques et environnementales.	- Emissions de GES - Coût logistique total - Impact environnemental
28	(Wang et al., 2011)	A multi-objective optimization for green supply chain network design	Decision Support Systems	Chine	Analytique	- Proposer un modèle d'optimisation à objectifs multiples qui capture le compromis entre le coût total et l'influence de l'environnement.	- Une formulation mixte à objectifs multiples pour le problème de conception du réseau de la chaîne d'approvisionnement. - Application d'une méthode de contrainte normalisée, qui effectue un ensemble complet d'études numériques et caractérise les solutions de Pareto, en particulier leur sensibilité à divers paramètres.	- Coût total - Investissement dans la protection de l'environnement - Coût total du transport - Coût total de manutention - Emission totale de CO <sub>2</sub>
29	(Ageron et al., 2012)	Sustainable supply management : An empirical study	International Journal of Production Economics	France	Empirique	- Expliquer l'importance de la durabilité dans la gestion de l'offre	- Développement d'un cadre théorique à l'aide d'une étude empirique utilisant les perceptions et les pratiques d'entreprises françaises sélectionnées	- Satisfaction du client - Niveau de qualité du fournisseur - Niveau de la Confiance du fournisseur - Gestion des risques en amont de la chaîne d'approvisionnement - Réduction et flexibilité des stocks. - Frais de lancement des commandes
30	(Oberhofer and Fürst, 2012)	Environmental management in the transport sector : findings of a quantitative survey	EuroMed Journal of Business	Autriche	Multi Méthode	- Examiner le statu quo en matière de gestion de l'environnement dans le secteur du transport routier de marchandises en Autriche	- Analyse de la différence entre les entreprises qui déclarent pratiquer activement les mesures environnementales (ME) et celles qui ne le font pas. - L'attitude des gestionnaires à l'égard des mesures de SE et les différentes mesures environnementales	- Optimisation du facteur de charge / économie d'échelle

CHAPITRE 1 : SCM ET TRM DANS LE CADRE DE DEVELOPPEMENT DURABLE : ETAT DE L'ART

								<ul style="list-style-type: none"> <li>- réduction de la pollution</li> <li>- Planification d'itinéraire informatisée</li> <li>- Programmes d'efficacité pour véhicules</li> <li>- Neutralisation des gaz à effet de serre</li> </ul>
31	(Smith et al., 2013)	A methodology for measuring the sustainability of car transport systems	Transport Policy	Royaume-Uni	Etude de cas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier pour les groupes des parties prenantes, l'ensemble des impacts dans les domaines de la durabilité environnementale, économique, humaine et sociale, ainsi que ceux qui génèrent et reçoivent ces impacts.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détermination de la performance en matière de développement durable du parc automobile britannique au cours des 10 dernières années</li> <li>- Application d'une méthode d'analyse de processus (Process Analysis Method, PAM) au parc automobile britannique afin de générer un ensemble d'indicateurs de durabilité pour les transports basés sur des voitures.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- consommation d'énergie</li> <li>- Émissions incorporées dans les véhicules de la flotte</li> <li>- Émissions incorporées dans le carburant consommé</li> </ul>
32	(Zolfpour-Arokhlo et al., 2013)	Route planning model of multi-Agent system for a supply chain management	Expert Systems with Applications	Malaisie	Méthode multiple	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyser l'efficacité du modèle de coordination des conditions environnementales ayant une incidence sur le temps de parcours à la base d'un système multi-agents pour un réseau de transport routier pour la gestion de la supply chain.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un modèle de planification d'itinéraire pour SCM</li> <li>- Un système multi-agents (MAS) pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- agent d'estimation de la charge de trafic (TLEA)</li> <li>- Type d'agent routier (TORA)</li> <li>- Sécurité de l'agent de la route (SORA)</li> <li>- agent d'estimation du temps de parcours (TTEA)</li> </ul>
33	(Pan et al., 2013)	The reduction of greenhouse gas emissions from freight transport by pooling supply chains	International Journal of Production Economics	France	Analytique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explorer l'impact environnemental de la mise en commun des chaînes d'approvisionnement au niveau stratégique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les méthodes de calcul des émissions de CO<sub>2</sub> du transport et le modèle d'optimisation</li> <li>- Discussion et analyse des résultats des émissions et des résultats économiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Émissions du transport routier</li> <li>- Coût de transport</li> <li>- Émissions du transport ferroviaire</li> </ul>
34	(Taticchi et al., 2013)	Performance measurement of sustainable supply chains	International Journal of Productivity and Performance Management	Royaume-Uni	Revue	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Développer le corpus des connaissances dans le domaine des chaînes d'approvisionnement durables en fournissant une revue critique de la littérature dans le domaine de mesure de la performance des chaînes d'approvisionnement durable (SSCPM)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La description de l'évolution de la recherche traitant la mesure de la performance (MP), a été fournie afin de mettre en évidence les problèmes liés à la (MP), la mesure de la durabilité, la mesure de la chaîne d'approvisionnement et la mesure de la chaîne d'approvisionnement durable (SSC).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absent</li> </ul>
35	(Marchet et al., 2014a)	Environmental sustainability in logistics and freight transportation	Journal of Manufacturing Technology Management	L'Italie	Revue	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classer la recherche suite à la durabilité environnementale dans la logistique et le transport selon des thèmes principaux et des méthodes d'étude</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les principales initiatives liées à la création d'une chaîne d'approvisionnement durable</li> <li>- Les systèmes de mesure de la performance environnementale suite à des les indicateurs «visibles» orientés vers l'entreprise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absent</li> </ul>



## II. Méthodologie

36	(Lee and Wu, 2014)	Integrating sustainability performance measurement into logistics and supply networks : A multi-methodological approach	The British Accounting Review	Autriche	Méthode multiple	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chercher comment mesurer simultanément les performances économiques et environnementales</li> <li>- Adopter une approche multi-méthodologique dans le domaine de la logistique et de la gestion de la chaîne d'approvisionnement afin de relever les défis de la durabilité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une revue la littérature sur la mesure de la performance en matière de durabilité et son lien avec la logistique verte et les chaînes logistiques durables.</li> <li>- L'application de l'approche multi-méthode dans un contexte australien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissions de CO<sub>2</sub></li> <li>- Embouteillage</li> <li>- Commodités communautaires</li> <li>- temps de transport</li> </ul>
37	(Demir et al., 2014c)	A review of recent research on green road freight transportation	European Journal of Operational Research	Pays-Bas	Revue	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fournir un examen des recherches récentes sur le transport routier de marchandises vertes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présentation des facteurs affectant la consommation de carburant</li> <li>- La modélisation de la consommation de carburant dans la planification du transport routier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absent</li> </ul>
38	(Franco and Ravibabu Mandla, 2014)	Analysis of road transport energy consumption and emissions : a case study	International Journal of Energy Sector Management	l'Inde	Etude de cas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Examiner le modèle croissant de la consommation d'énergie et les émissions dues à la densité croissante des véhicules dans le district de Vellore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une étude des quatre dernières années montre une croissance considérable du nombre de véhicules à deux roues, face à une diminution pour les autobus</li> <li>- L'étude montre que la consommation de carburant des transports en commun est inférieur à 20% de la consommation globale de carburant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efficacité énergétique</li> <li>- kilomètre passager</li> <li>- Distance</li> <li>- Quantification des émissions</li> </ul>
39	(Andrés and Padilla, 2015)	Energy intensity in road freight transport of heavy goods vehicles in Spain	Energy Policy	Espagne	Empirique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Examiner les facteurs qui influencent l'intensité énergétique du transport de marchandises lourd par route en Espagne pendant la période 1996-2012</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discussion de la base de données utilisée de l'enquête permanente en Espagne sur le transport routier de marchandises</li> <li>- Description des résultats de l'analyse d'intensité énergétique.</li> <li>- Présentation des résultats de l'analyse de décomposition et de son extension.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consommation d'énergie du fret routier</li> <li>- Intensité énergétique en année</li> </ul>
40	(Liotta et al., 2015)	Optimisation of freight flows and sourcing in sustainable production and transportation networks	International Journal of Production Economics	Danemark	Empirique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présenter un modèle intégrant l'approvisionnement, réseaux de production et transport durable de marchandises selon un niveau de décision stratégique et tactique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présentation d'un état d'art des modèles d'optimisation intégrant les problèmes de production et de transport</li> <li>- Discussion de l'intégration des paramètres de durabilité.</li> <li>- Comparaison des coûts de transport et du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) par mode et par tonne-kilomètre (TKm).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Émissions (gCO<sub>2</sub>/tkm)</li> <li>- frais de transport (EUR / TKm)</li> <li>- Augmentation des émissions de CO<sub>2</sub></li> <li>- Les coûts de transport</li> <li>- coûts d'inventaire</li> </ul>
41	(Yamada and Febri, 2015)	Freight transport network design using particle swarm optimisation in supply chain-transport supernetwork equilibrium	Transportation Research Part E : Logistics and Transportation Review	Japon	Analytique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présenter un problème de conception de réseau discret pour une conception optimale du réseau de transport de marchandises en termes d'efficacité de la chaîne logistique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un modèle qui aide à concevoir efficacement un réseau de transport de fret en identifiant et en sélectionnant un ensemble approprié d'actions d'amélioration, telles que la rénovation d'infrastructures existantes liées au transport et la création de nouvelles routes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absent</li> </ul>
42	(Ivascu et al., 2015)	Modeling the green supply chain in the context of sustainable development	Procedia Economics and Finance	Roumanie	Empirique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présenter des recherches sur la gestion de la chaîne logistique verte et souligner les différences entre la supply chain verte et la supply chain traditionnelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Catégorisation des données relatives à la chaîne d'approvisionnement en Roumanie et dans l'UE</li> <li>- La modélisation de la chaîne logistique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absent</li> </ul>

CHAPITRE 1 : SCM ET TRM DANS LE CADRE DE DEVELOPPEMENT DURABLE : ETAT DE L'ART

						- analyser les causes de risque dans la chaîne logistique verte en fonction du développement durable.		
43	(Liimatainen et al., 2015)	Driving forces of road freight CO <sub>2</sub> in 2030	International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	Finlande	Etude de cas	- Connaître les facteurs qui influencent l'évolution à long terme des émissions de CO <sub>2</sub> provenant du transport routier de marchandises	- Une comparaison internationale similaire d'enquêtes Delphi en Finlande, en Norvège et en Suède	- Produit intérieur brut (PIB). - La densité de valeur. - La part de la route dans le total des tonnes transportées. - Durée moyenne de transport chargé sur route. - Consommation moyenne de carburant. - Part des biocarburants dans l'énergie totale.
44	(Chung et al., 2016)	Optimal sustainable road plans using multi-objective optimization approach	Transport Policy journal	Corée du Sud	Méthode multiple	- Prendre en compte simultanément les trois dimensions dans la planification du réseau routier en développant un modèle d'optimisation multi-objectif de Pareto	- Développement d'un modèle d'optimisation multi-objectif pour planifier l'amélioration optimale de la capacité routière. - Élaboration des indicateurs pour mesurer chaque dimension de la durabilité du réseau routier. - Description de l'algorithme génétique utilisé pour résoudre le problème multi-objectif proposé.	- Coût total du voyage - Coût total des émissions - Coefficient de Gini
45	(Ivanov et al., 2016)	Disruption-driven supply chain (re)-planning and performance impact assessment with consideration of proactive and recovery policies	TRANSPORTATION RESEARCH PART E	L'Allemagne	Empirique	- Développer une approche de replanification de la chaîne logistique multi-étapes sujette à des perturbations	- Analyse de sept structures de Supply Chain(SC) proactives. - Calcul des règles de reprise pour réorienter les flux de matières dans le cas de deux scénarios de perturbation. - Évaluation de l'impact de service et les coûts sur les performances d'une SC.	- revenu - Les coûts de transport - Coûts de stockage - Frais de retour - Coûts fixes - coûts amont - coûts de récupération - Frais de traitement
46	(Avci and Selim, 2016)	Computers in Industry A multi-agent system model for supply chains with lateral preventive transshipments : Application in a multi-national automotive supply chain	Computers in Industry	Turquie	Empirique	- Développer un modèle de système multi-agents pour observer les effets des paramètres de commande sur une chaîne logistique avec transbordements préventifs latéraux.	- Une brève introduction à la modélisation multi-agents de systèmes de chaîne logistique et à des études récentes. - Un modèle de système multi-agents - Implémentation d'un modèle de système multi-agents en chaîne logistique focale - Démonstration des expériences de simulation et des résultats pour la chaîne logistique focale	- la flexibilité des fournisseurs - Stock de Sécurité
47	2016 (Suzuki, 2016)	A dual-objective metaheuristic approach to solve practical	International Journal of	États-Unis	Méthode multiple	- Développer un modèle de décision conçu pour résoudre une variante du problème de routage de véhicule standard, appelé	- Développement d'un modèle de décision conçu pour résoudre une variante du problème de routage de véhicule standard, appelé problème de pollution,	- Consommation d'énergie et émissions de

## II. Méthodologie

		pollution routing problem	Production Economics			problème de pollution, afin de réduire la consommation de carburant des camions	afin de réduire la consommation de carburant des camions	dioxyde de carbone - pente de la route - congestion
48	(Qian and Eglese, 2016)	Fuel emissions optimization in vehicle routing problems with time-varying speeds	European Journal of Operational Research	Royaume-Uni	Empirique	- Réduire au minimum les émissions totales en termes de quantité de gaz à effet de serre (GES) produite, mesurée par le poids équivalent de CO <sub>2</sub> .	- Proposition d'une méthode de solution utilisant un algorithme de recherche Tabu basé sur la génération de colonnes - Présentation d'une expérimentation avec des données de trafic réelles	- La consommation de carburant - Réglage de la vitesse - Heure de départ et temps d'attente
49	(EL BAZ and Laguir, 2017)	Third party logistics providers (TPLs) and environmental sustainability practices in developing countries : the case of Morocco	International Journal of Operations & Production Management	Maroc	Etude de cas	- Examiner les pratiques de développement durable des Prestataires Logistiques (PL) dans un pays en développement - Analyser les efforts déployés par les (PL) pour mettre en œuvre des pratiques écologiques à l'aide d'une étude de cas traitant les PL marocains.	- Une revue de la littérature existante sur les initiatives de durabilité environnementale dans les TPLs et le secteur des services logistiques - Introduire la méthode de recherche et la procédure analytique et rapporter les résultats des analyses.	- l'efficacité énergétique - L'utilisation de sources renouvelables - Le calcul des impacts sonores
50	(Carvalho et al., 2017)	Modelling green and lean supply chains : An eco-efficiency perspective	Resources, Conservation & Recycling	Portugal	Méthode multiple	- Proposer un modèle pour appuyer la prise de décision et aider les gestionnaires à identifier le meilleur ensemble de pratiques de gestion de la chaîne d'approvisionnement écologiques afin d'améliorer leur efficacité écologique	- Proposition d'un modèle mathématique basé sur des concepts d'éco-efficacité pour surmonter les compromis entre pratiques allégées et pratiques écologiques. - Présentation d'une étude de cas d'une chaîne logistique automobile	- Concentration géographique avec les fournisseurs - ISO 14001 - Production juste en séquence

Comme le montre le tableau 1, les 50 articles examinés ont été publiés depuis 2000 dans des revues internationales à comité de lecture. Fait intéressant, la plupart des articles examinés sont relativement récents (21 ont été publiés de 2000 à 2010, 29 articles de 2011 à 2017), ce qui témoigne l'intérêt croissant de la communauté des chercheurs de monter vers ces questions.

Les articles examinés ont été publiés dans 31 revues différentes affichées par nombre d'articles pour chaque journal, nous citons à titre d'exemple *Computers and Chemical Engineering*, *Computers and Operations Research*, *Computers in Industry*, *Decision Support Systems*, *Energy Policy*, *EuroMed Journal of Business*... Nous constatons également plusieurs pays qui s'intéressent au traitement des sujets liés au transport routier de marchandises, SCM et développement durable par exemple le Canada (4 articles), la France (5 articles), l'Italie (4 articles), le Royaume Uni (6 articles), les Etats unis (9 articles), ...

A travers l'analyse du même tableau, la plupart des articles soit ils traitent le transport routier de marchandises dans le cadre de développement durable, soit la SCM dans une vision durable mais ils sont moins nombreux, les travaux qui abordent l'étude de transport routier de marchandises d'une chaîne logistique dans un cadre durable. Nous signalons également la présence des indicateurs dans quelques travaux de recherches afin de quantifier et qualifier le processus de suivi. Dans ce sens, nous remarquons que les articles traitant le développement durable s'intéressent à des indicateurs spécifiques comme l'émission du CO<sub>2</sub>, le facteur de charge, la capacité du véhicule; mais l'absence des indicateurs ciblés dans plusieurs articles met à mal l'étape du suivi et d'évaluation.

Dans ce qui suit, les articles examinés sont catégorisés selon les méthodes de recherche développées par Meixell et al., (2008) et Perego et al., (2011), les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux 2 et 3. Dans le tableau 2, nous avons identifié plusieurs documents de revue de littérature qui abordent le TRM, SCM, DD (Samir K Srivastava, 2007), (Mary J Meixell and Norbis, 2008), (Natarajarathinam et al., 2009), (Mckinnon and Piecyk, 2009), (Sarac et al., 2010), (Perego et al., 2011), (Taticchi et al., 2013), (Marchet et al., 2014a) et (Demir et al., 2011).

Meixell et al., (2008) par exemple, ils proposent une classification de la recherche en relation avec le mode du transport (choix du mode et du transporteur) ce qui a généré un aperçu sur les sujets abordés dans la littérature et des orientations vers des recherches futures.

Perego et al., (2011) examinent une bibliographie sélective des recherches effectuées sur les technologies de l'information et de la communication (TIC) liées à la logistique et le transport de marchandises.

Demir et al., (2011) Présentent un aperçu des recherches récentes sur le transport routier de marchandises vert avec une description des différents facteurs influençant la consommation de carburant.

## II. Méthodologie

---

La recherche conceptuelle et organisationnelle sont relativement limitées mais elles commencent à s'évoluer progressivement, nous pouvons citer les articles suivants : (Shapiro, 2004), (Labarthe et al., 2007), (Seuring and Muller, 2008a), (Chatfield et al., 2009).

Par exemple Seuring et Muller (2008a) offre une revue de la littérature sur la gestion durable de la chaîne logistique en prenant 191 articles publiés de 1994 à 2007, cette étude a porté un regard large sur la gestion durable de la supply chain et les problèmes émergents dans ce domaine, elle offre une conceptualisation basée sur une revue de la littérature. Ainsi (Labarthe et al., 2007) propose un cadre de modélisation d'agents pour la modélisation et la simulation des chaînes logistiques afin de faciliter leur gestion et l'exploitation d'un modèle de simulation orienté agent dans un environnement logiciel spécifique.

Nous constatons également que les thèmes liés au développement durable se focalisent souvent sur les mêmes indicateurs d'évaluation, des critiques et des obstacles à traiter.

Inversement, les articles traitant le concept SCM semblent plus souvent fondés sur une approche empirique comme les concepts et la pratique logistique, et la sélection des partenaires pour la fonction spécifique de la logistique inverse etc.

De plus, nous avons constaté la présence de plusieurs articles empiriques traitant le niveau d'adoption des initiatives de développement durable, comme le cas de Lin et Ho et al., (2008), qui ont mené une enquête par questionnaire avec un examen selon trois facteurs (technologique, organisationnel et environnemental), influençant l'intention d'adopter des innovations vertes pour les prestataires de services logistiques. Dans le même cadre Suzuki et al., (2016) ont élaboré un modèle de décision conçu pour résoudre une variante du problème d'acheminement des véhicules, appelé Pollution Routing Problem (PRP), afin de réduire la consommation de carburant des camions lors de la circulation.

La figure 3 montre le nombre des articles traitant SCM, transport routier et développement durable dans la littérature par année pour les 50 articles sélectionnés. Nous remarquons une forte augmentation du nombre d'articles au cours des six dernières années, due à la conscience croissante liée à la gestion de la chaîne logistique et l'impact de TRM sur l'environnement. Dans la même approche descriptive nous présentons les tableaux 3 et 4 afin de classer les articles selon les journaux choisis et les pays concernés pour mieux maîtriser les enjeux et objectifs de chaque article.

**Tableau 2 : Méthodologie de recherche**

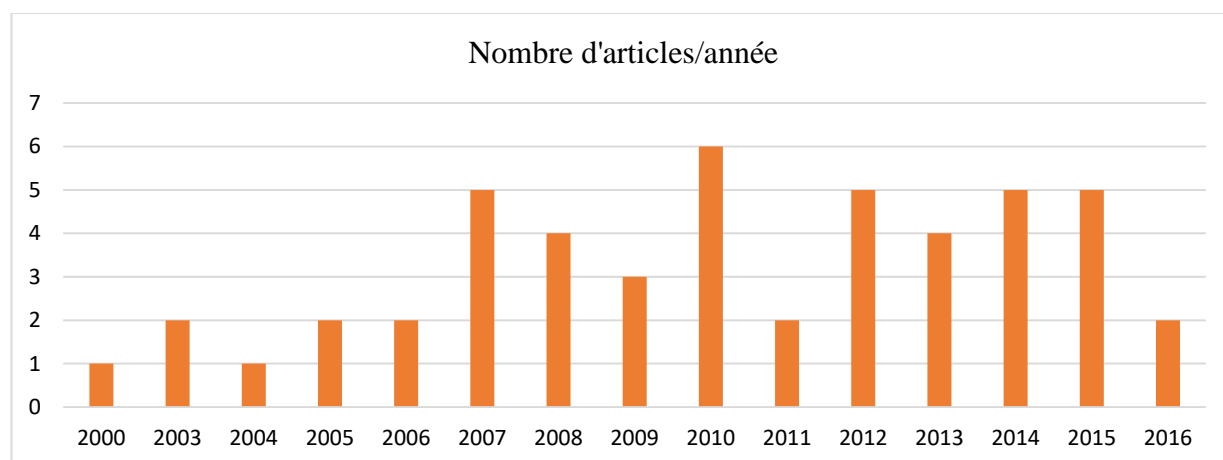
Méthodologie	Nombre des articles	%	Articles
Analytique	8	16	Caputo et al.(2006) ; Estampe et al.(2010) ; Yamada et al.(2011) ; Kuo et al. (2011) ; Chaabane et al. (2011) ; Wang et al.(2011) ; Pan et al.(2013) ; Yamada et al. (2015) ;
Etude de cas	4	8	Smith et al. (2013) ; Franco et al.(2014) ; Liimatainen et al. (2015) ; EL BAZ et al. (2017)
Conception	1	2	Chatfield et al.(2009)
Empirique	15	30	Croom et al.( 2000) ; Yan et al.(2013) ; Murphy et al.(2003) ; Léonardi et al.(2004) ; Mason et al.(2007) ; Vachon et al.(2008) ; Cholette et al.(2009) ; Piecyk et al.(2010) ; Ageron et al. (2012) ; Andrés et al.(2015) ; Liotta et al.(2015) ; Ivascu et al.(2015) ; Ivanov et al.(2016) ; Avci et al. (2016) ; Qian et al.(2016)
Revue	9	18	Srivastava et al.(2007) ; Meixell et al.(2008) ; Natarajathinam et al.(2009) ; Mckinnon et al.(2009) ; Sarac et al.(2010) ; Perego et al.(2010) ; Taticchi et al. (2013) ; Marchet et al. (2014) ; Demir et al.(2014)
Modélisation et Organisation	2	4	Shapiro et al.(2004) Seuring et al. (2008)
Méthode multiple	9	18	Ciliberti et al.(2008) ; Hutchins et al.(2008) ; Demir et al. (2011) ; Oberhofer et al. (2012) ; Zolfpour-Arokhlo et al.(2013) ; Lee et al. (2014) ; Jin-Hyuk Chung et al. (2016) ; Suzuki et al.(2016) ; Carvalho et al.(2017)
Simulation	2	4	Fleisch et al.(2005) ; Labarthe et al.(2006)
Total (50 articles)	50	100	

**Tableau 3: Nombre d'articles pour un ensemble des journaux**

Nom de journal	Nombre d'article
Energy Policy	2
European Journal of Operational Research	3
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	3
International Journal of Production Economics	7
Journal of Cleaner Production	5
Supply Chain Management: An International	2
Transport Policy	2

## II. Méthodologie

Transportation Research Part D: Transport and Environment	2
Transportation Research Part E	2



*Figure 3: Nombre d'articles par année de l'échantillon étudié.*

*Tableau 4: Nombre d'articles par pays*

Pays	Nombre des articles	Pays	Nombre des articles	Pays	Nombre des articles
Etats unis	9	Chine	2	Portugal	1
Royaume Unie	6	Japon	2	Corée du Sud	1
France	5	Danemark	1	Roumanie	1
Canada	4	Finlande	1	Espagne	1
Italie	4	Inde	1	Suisse	1
Allemagne	3	Malaisie	1	Taïwan	1
Australie	2	Maroc	1	Turquie	1

Cette partie a fait l'objet d'un article indexé Scopus:

ECH-CHELFI, Wiame et EL HAMMOUMI, Mohammed.
Survey on the relation between road freight transport, SCM and sustainable development.
<i>Yugoslav Journal of Operations Research</i> , 2019, vol. 29, no 2, p. 151-176.

### III. Supply chain management

#### III.1. Définitions

Pendant ces deux dernières décennies, il y a eu un nombre significatif de recherches liées aux Supply Chain Management (SCM) et le Transport Routier de Marchandises (TRM).

Partant d'une revue de littérature de Supply chain management, nous avons constaté que c'est un concept récemment utilisé même s'il est réellement utilisé depuis longtemps, surtout dans le domaine militaire. Une autre recherche effectuée dans l'éditeur ELSEVIER nous a montré la présence de plus de 93286 recherches dans le domaine Supply chain Management de 2010 à 2019; ce qui confirme l'intérêt énorme consacré à ce concept.

Le tableau 5 présente une sélection de définitions affectées au SCM. Nous remarquons que la définition de la logistique est passée d'une simple opération de contrôle et de gestion de stock (Magee, 1967) à un concept nouveau nommé Supply Chain Management qui englobe l'ensemble des opérations de la chaîne logistique du fournisseur jusqu'au client en éliminant les opérations inutiles qui n'apportent pas de la valeur ajoutée (Hugos, 2003).

De nos jours il ne suffit pas de voir la SCM dans sa perspective économique, mais il faut prendre en considération l'aspect durable avec les normes ISO internationales de la protection de l'environnement comme ce qu'est indiqué dans les travaux de Awasthi et al.,(2014).

**Tableau 5: Définitions et évolution de SCM** (Ech-chelfi and El Hammoumi, 2017a)

l'American Marketing Association: (1948) <sup>2</sup>	La logistique est le mouvement et la manutention des marchandises de point de la production au point de la consommation ou de l'utilisation.
(Magee, 1967)	la logistique est définie comme «une technique de contrôle et de gestion des flux des matières et des produits depuis leur source d'approvisionnement jusqu'à leur point de consommation »
(Houlihan, 1988)	Il a traité la différence entre la Supply Chain Management et la gestion classique des achats et de la production : - La chaîne logistique est considérée comme un processus unique. La responsabilité de ses différents maillons n'est pas fragmentée et déléguée à plusieurs fonctions : production, achat, distribution et vente. - Une nouvelle approche des systèmes s'impose, qui tend vers l'intégration de préférence à la création d'interfaces. »

<sup>2</sup> L'American Marketing Association est une association professionnelle américaine de professionnels du marketing et du marketing management



### III. Supply chain management

(Stevens, 1989)	« La gestion de la chaîne logistique a pour but de synchroniser les besoins du client et le flux des matières provenant des fournisseurs, afin de parvenir à un équilibre entre les différents objectifs (service de haut niveau, stocks minimum et réduction des coûts unitaires) qui sont souvent considérés comme contradictoires.»
(Farmer and Amstel, 1991)	la SCM correspond à l'intégration des processus dans une démarche de pilotage globale.
(La Londe and Masters, 1994)	Une chaîne logistique stratégique comprend « ... au moins deux entreprises d'une chaîne logistique qui passent un contrat à long terme ; ... le développement de la confiance et de l'engagement dans la relation; ... l'intégration des activités logistiques avec partage des données relatives à la demande et aux ventes ; ... la possibilité d'une évolution dans la localisation du contrôle du processus logistique. »
(Cooper et al., 1997)	Le management de la chaîne logistique est « ... une philosophie qui tend vers une gestion intégrée de l'ensemble des flux d'un canal de distribution, du fournisseur à l'utilisateur final. »
(Ratliff and Nulty, 1997)	« Le management de la chaîne logistique concerne l'ensemble des flux de matières, depuis les fournisseurs jusqu'aux utilisateurs finaux ... »
(Aitken, 1998)	«Un réseau d'organisations connectées et interdépendantes, travaille d'une façon collaborative pour contrôler, gérer et améliorer l'ensemble des flux physiques et informatiques de fournisseurs jusqu'aux clients finaux »
(Christopher, 1999)	Le réseau d'organisations lié par des relations en amont et en aval dans les différents processus et activités générant de la valeur sous forme de produits et services entre les mains du client final.
(John T. Mentzer et al., 2001)	La coordination systémique et stratégique des fonctions commerciales traditionnelles et des tactiques entre ces fonctions au sein d'une entreprise donnée et entre les entreprises de la chaîne d'approvisionnement, dont le but d'améliorer les performances à long terme des entreprises individuelles et de la chaîne d'approvisionnement dans son ensemble.
(Zandin, 2001)	La gestion de la chaîne d'approvisionnement joue un rôle important dans l'augmentation de la productivité de toute organisation et la mise en œuvre des techniques de gestion de la chaîne d'approvisionnement efficaces dans un environnement concurrentiel suscite un intérêt croissant.
(Hugos, 2003)	La SCM est la coordination de la production, des stocks, de l'emplacement et du transport entre les participants d'une chaîne logistique afin d'obtenir la meilleure combinaison de réactivité et d'efficacité pour le marché desservi.

(John Mangan Martin Christopher, 2005)	la SCM est une démarche d'intégration des processus opérationnels clés dont la finalité est de créer de la valeur pour les clients et les parties prenantes de la Supply chain.
(Stadtler, 2008)	Il est encore plus difficile de former une chaîne logistique à partir d'un groupe des entreprises individuelles afin de se comporter comme une seule entité.
(Ouardighi et al., 2008)	Les problèmes liés au SCM nécessitent la mobilisation des nouveaux outils plus appropriés et plus complexes.
(Awasthi et al., 2014)	Afin de développer des chaînes logistiques (chaînes durables), toutes les organisations impliquées doivent travailler de manière cohérente et constructive pour un but général celui d'atteindre le triple objectif de la durabilité (économique, environnemental et social).

Selon les définitions du tableau 5, nous pouvons signaler que la logistique est une orientation de planification et un cadre qui cherche à créer un plan unique pour la circulation des produits et des informations à travers une entreprise.

La SCM joue un rôle prépondérant dans l'intégration et la coordination entre l'ensemble des acteurs de la chaîne logistique (Transport, production, distribution...) afin d'augmenter la productivité, d'améliorer la chaîne de valeur et d'assurer le développement durable des industries.

### III.2. Green supply chain management GrSCM

Selon Ageron et al.,(2012) la gestion de la chaîne logistique verte (GrSCM) suscite un intérêt croissant chez les chercheurs et les praticiens des opérations et de la gestion de la chaîne logistique. L'importance croissante de GrSCM est principalement due à la détérioration croissante de l'environnement, comme la diminution des ressources en matières premières, le débordement des sites de déchets et l'augmentation des niveaux de pollution.

La GrSCM s'étend de la surveillance réactive des programmes généraux de gestion de l'environnement aux pratiques plus proactives mises en œuvre par divers R (réduire, réutiliser, retravailler, remettre à neuf, récupérer, recycler, « remanufacturer »,...). Nous présentons également des travaux qui sont focalisés sur la chaîne logistique dans le cadre de développement durable, comme celui de Demir et al. (2014d) qui ont mis un modèle bien composé en 7 «éléments constitutifs» qui influenceront le SSM:

- Les raisons du Supply Management durable(SSM),
- Critères utilisés pour le SSM,
- Ecologiser les chaînes logistiques,
- Caractéristiques des fournisseurs,

## IV. Transport routier de marchandises (TRM)

---

- Approches managériales pour le SSM
- Barrières pour le SSM
- Avantages et motivation pour SSM

Le concept de GSCM englobe les initiatives environnementales dans les domaines de la logistique entrante, de la production, de la logistique sortante et de la logistique inverse, impliquant les fournisseurs de matériaux, les prestataires de services, les fournisseurs, les distributeurs et les utilisateurs finaux à travailler ensemble pour réduire ou éliminer les impacts environnementaux négatifs de leurs activités (Vachon and Robert D., 2006).

La gestion de la logistique joue un rôle important dans le GrSCM, avec le développement rapide de cette dernière, l'importance de l'approche environnementale pour le secteur de la logistique a considérablement augmenté au cours des dernières années. Selon Sarkis et al., pour offrir des produits et des services plus respectueux de l'environnement aux clients, les prestataires de services logistiques doivent déployer davantage d'efforts en matière d'environnement (2004).

## IV. Transport routier de marchandises (TRM)

### IV.1. Définitions

La création de la valeur ajoutée dans une entreprise est assurée par la maîtrise de l'ensemble des opérations de la chaîne logistique. Parmi les importantes activités motrices de la chaîne nous pouvons citer le transport routier de marchandises qui est un moyen important de déplacement de la marchandise en phase de préacheminement ou post-acheminement ou comme moyen de transport international (Ech-chelfi and El Hammoumi, 2017b).

François souligne dans son ouvrage *Transport et territoire* (2003) : « Cette soif de mobilité, ce besoin d'aller toujours vers un ailleurs sans doute meilleur, que l'on retrouve dans toutes les sociétés, a poussé les individus à imaginer sans cesse des nouveaux moyens de transport qui leur permettent d'aller plus vite et donc plus loin ». Cela reflète le besoin réel de transport qui satisfait au fur et à mesure des critères de la rapidité et de la sécurité.

Prud'homme et al., (2007) ont mentionné que le transport c'est un service de consommation intermédiaire, c'est un élément auxiliaire de l'activité professionnelle qu'elle soit loisirs ou production.

Alors que Carrese et al., (2014) soulignent que la croissance de transport routier de marchandises dans l'Europe fait appel à un examen de réseau routier européen, mais malgré les efforts fournis dans la communauté européenne sur cette question la conception, la construction et les opérations de transport routier de la marchandise lourde ne sont pas encore bien définies. Le nombre

d'infrastructures existant et planifié est loin d'être capable de satisfaire le besoin en sécurité des conducteurs.

Carrese et al., (2014) ont abordé la sécurité de TRM à l'aide d'une gestion de parking, et examen de l'infrastructure avec le réseau routier, par contre Jong et al.,(2016) traitent dans leur article le choix de temps de la circulation de TRM et son impact dans la réduction de la congestion.

#### IV.2. Transport routier de marchandises dans une SCM

Le transport est un secteur vital pour le développement économique, il assure la lubrification physique de la marchandise ce qui permet la croissance industrielle et commerciale, mais il est également responsable d'une large gamme de pollution atmosphérique locale, de bruit, la contamination des sols et de l'eau et un contributeur croissant aux émissions de gaz à effet de serre.

Demir et al., (2014d) ont abordé le TRM dans un cadre environnemental, leur travail contient un état d'art des recherches récentes liées au transport routier vert de la marchandise prenant en considération le rôle important de ce secteur dans le développement économique mais également son impact sur l'environnement et la santé humaine. Egalement Demir et al., (2014c) et Ottemöller et al., (2005) ont généré les facteurs qui influencent la consommation de carburant en cinq catégories: les caractéristiques de véhicule, l'environnement, le trajet, les opérations logistiques et le conducteur, ce dernier est parmi les facteurs primordiaux le plus difficile à mesurer.

Le TRM c'est un secteur plein de risque et présente des effets néfastes à l'environnement surtout en présence du secteur informel qui peut aggraver la situation nous pouvons signaler d'autres études récentes élaborées traitant le transport routier de marchandises vert telles que (Dekker et al., 2012), (Dobers et al., 2013), (Salimifard et al., 2012), (Touati and Jost, 2012). Ils ont intensifié l'importance des recherches techniques afin de cerner les risques, de gérer et d'uniformiser le secteur et d'offrir une opportunité aux différents chercheurs de proposer des nouveaux modèles d'optimisation et de protection de l'environnement.

Le TRM s'inscrit alors dans une boucle fermée qui englobe plusieurs fonctions et contraintes, selon les recherches effectuées nous avons constaté que le TRM a deux fonctions principales la rapidité et la sécurité qui sont en même temps contradictoires surtout dans un espace d'accueil qui présente un réseau routier non satisfaisant. Dans l'axe suivant nous allons éclaircir le concept du développement durable à travers les différents indicateurs et facteurs à satisfaire.

### V. Les dimensions du développement durable(DD)

#### V.1. Définition de développement durable

Le développement durable est un développement qui répond aux besoins des générations actuelles sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins. Autrement dit, le DD signifie généralement que la population actuelle devrait laisser à ses héritiers une base de ressources comparable à celle qu'elle a héritée. Cela implique non seulement des facteurs environnementaux, mais aussi des considérations économiques et sociales. Le développement durable tente donc de réorienter le développement vers un modèle plus englobant qui crée des liens entre l'économie, la société et l'environnement.

C'est un concept holistique qui permet de garder des compromis entre les activités de transport et les autres activités, à condition que la base de ressources reste intacte. Le résultat est une série d'initiatives politiques à différents niveaux de gouvernement visant à conserver un certain niveau de mobilité sans épuiser les ressources exploitées.

Récemment, la durabilité a attiré une attention considérable des décideurs et des planificateurs des transports. Les activités de transport et la construction d'infrastructures de transport ont des effets importants et généraux sur la croissance économique, le progrès social et les dommages environnementaux.

Des nombreuses études soulignent que ces trois dimensions doivent être significativement et simultanément considérées dans la planification et l'évaluation afin d'améliorer la durabilité des systèmes de transport (Littman, 2006), (Hall, 2006), (Samberg et al., 2011), (Ramani et al., 2012), (Szeto et al., 2015).

Les dimensions du DD se chevauchent souvent et requièrent des compromis entre elles. Par exemple, pour atteindre la croissance économique, les coûts de déplacement devraient être réduits, même si les faibles coûts induisent davantage de demandes de transport et l'utilisation des ressources pour construire et exploiter des systèmes de transport. Par conséquent, les décisions liées au transport peuvent avoir des influences significativement négatives sur les systèmes aussi environnementaux qu'écologiques. Avec la consommation de nombreuses ressources naturelles telles que le carburant, l'énergie, le territoire et les minéraux il y aura plus d'émissions telles que les gaz à effet de serre selon Button et al., en (1993).

En outre, bien que la minimisation des frais de voyage joue un rôle crucial dans la favorisation de l'accessibilité des lieux, elle ne garantit pas l'équité dans la répartition spatiale de cette accessibilité Feng et al., (2010). L'accessibilité est une mesure de l'équité sociale des transports, elle offre des

opportunités pour des activités économiques, des services éducatifs et d'autres relations sociales. De ce fait, une accessibilité spatialement inégale signifie que certaines personnes trouvent qu'il est plus difficile d'obtenir de telles opportunités que d'autres personnes.

Cette disparité provoque des inégalités économiques et sociales, ce qui entrave l'efficacité économique, par conséquent, les trois dimensions et les relations de compromis entre elles doivent être pris en considération lors de la construction des systèmes de transport durable.

Turkay et al. ont déclaré que le développement des systèmes de transport multimodal joue un rôle important dans la réduction de l'impact de l'environnement particulièrement les émissions en CO<sub>2</sub> (2008), ce qui peut créer une solution dans certaines situations pour les responsable de flotte véhicules.

## V.2. Les indicateurs du développement durable

La mise en œuvre de l'approche de développement durable dans le processus de transport ne peut être réalisée facilement; la mise en place d'un système de transport durable nécessite un cadre bien défini afin d'encourager toutes les parties prenantes du secteur privé, des pouvoirs publics, de la recherche et de l'éducation de participer dans telle initiative durable.

L'une des principales difficultés dans l'analyse de la durabilité est le conflit entre ces quatre facteurs essentiels (figure 4) puisque chacun d'entre eux impose des restrictions sur les autres.

Selon Jean et al. (2005) si un système de transport est amélioré en fonction d'un seul facteur (économique, social ou environnemental) il peut affecter négativement les autres facteurs. La durabilité ne devrait pas être basée sur un seul facteur mais elle doit avoir une coordination entre l'ensemble des facteurs pour avoir un système de transport durable avec des conditions optimales.

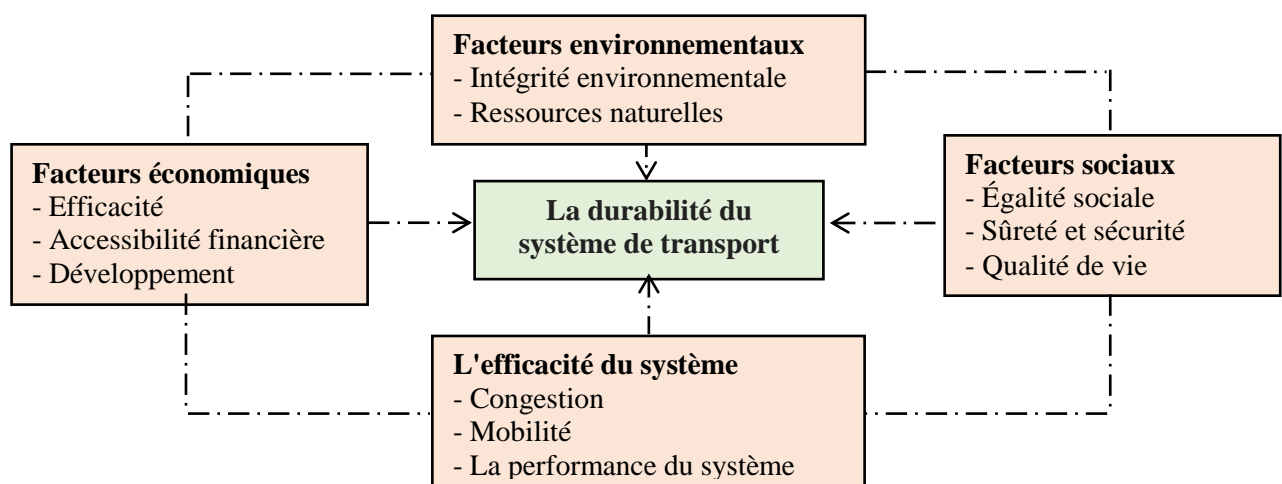


Figure 4: La durabilité du système de transport

## V. Les dimensions du développement durable(DD)

---

### V.2.1. Facteurs économiques

La dimension économique du transport durable repose sur la manière dont le transport contribue ou accélère le développement économique. Newman et al.(1999) et Jeon et al.,(2005) ont indiqué certains concepts d'efficacité dans les activités de transport public, qui dépendent directement au coût total de déplacement.

Le coût total du déplacement du véhicule a été choisi comme un indicateur économique dans le but de réduire les coûts de déplacement, en améliorant le réseau routier et en améliorant ainsi l'efficacité économique du réseau.

Selon Chung et al., (2016) la fonction de coût total du voyage comprenait le temps de déplacement total du trajet et le coût d'exploitation de la liaison total, elle peut être exprimée comme suit:

$$\mathbf{TTC}(\mathbf{x}_a, \mathbf{y}_a) = \sum \theta_T \mathbf{x}_a \mathbf{t}_a(\mathbf{x}_a, \mathbf{y}_a) + \sum \mathbf{x}_a \mathbf{l}_a \mathbf{o}_a(\mathbf{v}_a) \text{ avec } (\mathbf{a} \in \mathbf{A}) \quad (1)$$

Où  $\mathbf{TTC}(\cdot)$  est la fonction de coût de déplacement total d'un réseau routier.

$\mathbf{x}_a$  : est le flux de liaison sur le lien  $\mathbf{a}$ .

$\mathbf{y}_a$  : indique l'indice d'amélioration de la capacité sur le lien  $\mathbf{a}$ .

L'indice d'amélioration de la capacité  $\mathbf{y}_a$  est la variable de décision de notre problème et  $\mathbf{a}$  une valeur binaire. Si le lien ( $\mathbf{a}$ ) est amélioré, alors  $\mathbf{y}_a$  est affecté "1", sinon "0."

Le premier terme de la somme de l'équation (1) représente la valeur monétisée du temps total de déplacement du lien, où  $\theta_T$  est la valeur monétaire du temps de déplacement et  $\mathbf{t}_a(\cdot)$  est une fonction du temps de déplacement sur le lien  $\mathbf{a}$ .

Le deuxième terme de la somme de l'équation (1) désigne le coût d'exploitation total du lien dépendant du  $\mathbf{l}_a$  qui représente la longueur du lien  $\mathbf{a}$  et  $\mathbf{o}_a(\cdot)$  indique la fonction de coût d'exploitation sur le lien  $\mathbf{a}$  en fonction de la vitesse du lien  $\mathbf{v}_a$ .

La fonction économique de l'entreprise prend en considération la rentabilité de l'entreprise en termes de minimisation des charges et de maximisation des recettes, et par rapport au transport routier de marchandises le facteur économique est en relation directe avec la minimisation du coût de déplacement qui peut être liée au choix de l'itinéraire.

### V.2.2. Facteurs environnementaux

Dans la littérature, de nombreuses études se focalisent sur les distances totales de voyage parcourues par les véhicules, qui ont directement un impact important sur les problèmes environnementaux, tels que les émissions, l'utilisation des ressources ou les déchets....

Newman et al., (1999), Salveson et al (2006), Litman et al., (2009) et Santos et al.,(2013) ont traité l'utilisation totale du territoire par le système de transport et les distances parcourues totales pour créer un lien avec les émissions ou l'exploitation des ressources.

De plus Nicolas et al., (2003), Zhang et al., (2006), Zegras et al., (2006) et Santos et al., (2013) se sont focalisés sur des sujets liés aux taux d'émissions comme le CO<sub>2</sub>, le NO, les niveaux d'intensité du bruit et le calcul de la consommation d'énergie ce qui favorisent la présence de la dimension environnementale dans le système du transport.

L'intégration des différentes mesures de durabilité dans le secteur de transport vise à donner un aperçu des problèmes communs du monde, tels qu'ils sont décrits dans la littérature. Vreeker et Peter (2005) suggèrent que le lien entre le transport et l'utilisation du territoire devient de plus en plus fort alors que le transport est un moteur du développement urbain. Cependant, ils soulignent que le transport peut parfois détériorer l'équilibre du développement urbain car il est strictement difficile d'établir un équilibre entre les facteurs liés au secteur des transports dans des cas réels. Par exemple, (Shahraki and Turkay, 2014) synthétisent quelques informations utiles sur les relations entre l'utilisation des sols, le réseau de transport et les impacts environnementaux qui leur sont associés. Aussi, Gen et al. (2015) ont confirmé qu'il y ait une relation très stricte dans le secteur du transport entre l'utilisation du sol, l'urbanisation et les émissions de GES.

Par conséquent, l'utilisation des routes et les facteurs environnementaux sont étroitement liés, il existe de nombreuses études sur cette question pour soutenir les autorités décisionnelles dans la planification des transports et des routes, comme ce qui est mentionné dans les articles suivants: (Waddell et al., 2007), (Paulley and Webster, 1991), (Southworth, 1995), (Garrett, M., & Wachs, 1996), (Miller, 2006), (Wegener, 2004) et (Dowling, 2005), ils ont proposé des modèles mathématiques pour le problème d'affectation des routes directement liés aux concepts environnementaux.

En outre, il existe une étude approfondie de la littérature sur les modèles intégrant la conception du réseau et le développement de différentes zones fonctionnelles dans les zones urbaines en tenant compte de la conception d'un réseau de transport efficace et en réduisant la pollution atmosphérique (Shahraki and Turkay, 2014). D'autres études comme les articles de Shenpei et al., (2008) et Huang et al., (2010) ont pris en considération le développement durable et les taux d'émissions du trafic total.

### V.2.3. Facteurs Sociaux

Par rapport aux autres facteurs, les impacts sociaux sont relativement difficiles à mesurer et à évaluer à partir des modèles ou des algorithmes mathématiques. Afin de soutenir les problèmes d'accessibilité et d'équité, de nombreuses études telles que (Jeon et al., 2005), (Litman, 2009) et (Santos and Ribeiro, 2013) traitent de la densité des réseaux de transport, de la qualité et de l'abordabilité des transports publics par les citoyens. De plus, Poimboeuf et al., (2003) et Tanguay et



## V. Les dimensions du développement durable(DD)

al., (2010) présentent la cohérence de la sécurité avec la santé humaine en considérant la distance totale parcourue et les décès liés au transport dans le système. En outre,(Cidell, 2012) a mis en évidence les liens entre les facteurs sociaux et l'utilisation des routes, dans la même étude, elle a indiqué que la réduction des activités de mobilité et l'augmentation des modes de vie sédentaires peuvent accroître les risques de cancer et les taux de mortalité.

### V.2.4. Facteurs d'efficacité

Ces facteurs sont principalement combinés avec les trois autres critères précédents, ils sont récapitulés dans le tableau 6. Dans la littérature, il existe de nombreux travaux pour mesurer et évaluer la performance du réseau de transport total comme la vitesse, la densité et la fréquence selon Vuchic (2007). En utilisant ces indicateurs, le mouvement total des cargaisons, la distance totale parcourue, le temps total consacré aux activités de transport ou aux activités de transfert de mode peuvent être facilement servis pour les décideurs.

**Tableau 6: Mesures du rendement pour différents facteurs(auteurs)**

<b>Facteurs de durabilité</b>	<b>Objectifs</b>	<b>Indices de performance</b>
Environnemental	Minimiser les émissions de GES Minimiser les pollutions (Air, bruit, etc.) Minimiser l'utilisation des ressources	CO <sub>2</sub> , taux d'émission de NO <sub>x</sub> Niveau de bruit CO, émissions de COV Consommation de carburant et de territoire
Economique	Réduction des coûts de transport Maximiser l'efficacité économique Maximiser l'abordabilité	Coût total des déplacements Temps total passé dans la circulation Utilisation et accessibilité des routes
Social	Maximiser l'équité Maximiser l'accessibilité Augmenter la sécurité et la sûreté	L'équité du bien-être Exposition aux émissions Accès aux points d'activité du service Les incapacités accidentelles, les décès
Efficacité	Améliorer la mobilité Améliorer les performances du système	Taux de congestion Quantité transportée totale Distance totale parcourue Taux de chargement

## V.3. Le transport routier de marchandises dans la cadre de développement

### V.3.1. Méthodes d'évaluation du transport durable

La méthode d'évaluation du transport durable s'appuie sur les qualités bénéficiaires observées des systèmes d'évaluation existants et tente de remédier à leurs faiblesses. La mise en œuvre de la méthode d'évaluation du transport durable repose sur des techniques multicritères établies qui permettent une évaluation quantitative et qualitative de la durabilité des projets de transport lors des phases de planification, de conception et de construction.

La méthode d'évaluation proposée peut améliorer l'analyse environnementale traditionnelle réalisée pour la sélection des projets de transport. La méthode est conçue pour être flexible afin qu'elle puisse être facilement mise en œuvre par un large éventail de parties prenantes qui envisagent des problèmes divers.

Le conseil mondial des entreprises pour le développement durable définit la mobilité durable comme «la capacité de répondre aux désirs de la société et doit se déplacer librement, accéder, communiquer, commercer et établir des relations sans sacrifier d'autres valeurs humaines ou écologiques essentielles, aujourd'hui ou à l'avenir».

Il y a certainement beaucoup d'autres définitions utiles pour le transport durable, celui-ci expose la définition souvent citée de 1987 des Nations Unies en désignant des besoins spécifiques et en faisant référence explicitement à la mobilité dans les transports. Les systèmes de transport ont des impacts significatifs sur l'environnement, représentant 20% à 25% de la consommation mondiale d'énergie et des émissions de dioxyde de carbone (Council, 2007). Les émissions de gaz à effet de serre provenant des transports augmentent à un rythme plus rapide que dans tout autre secteur utilisant de l'énergie (Change, 2007).

Selon Krzyżanowski et al., les coûts sociaux des transports comprennent les accidents de la route, la pollution de l'air, l'inactivité physique et le temps perdu pour les déplacements de la famille (2005). La congestion du trafic impose des coûts économiques en gaspillant du temps des usagers et en ralentissant la livraison des biens et des services.

Il existe plusieurs efforts pour produire des mesures de notation pour un transport durable, beaucoup sont de nature qualitative ou ne s'appliquent qu'à certaines étapes des projets de transport.

Bien que chacun des systèmes individuels d'évaluation des transports utilisés aujourd'hui présente des qualités positives, aucun n'est suffisamment exhaustif pour aborder toutes les composantes de la durabilité à cause de la variabilité des conditions géographiques, socioéconomiques et démographiques ce qui exige le développement d'un adaptable au besoin individuel.

### V.3.2. Revue de transport routier de marchandises et développement durable

Avec une préoccupation mondiale croissante pour l'environnement, les prestataires logistiques ont commencé à accorder plus d'attention aux externalités négatives de leurs opérations. Ceux-ci incluent la pollution, les accidents, le bruit, la consommation de ressources, la détérioration de l'infrastructure et les risques de changement climatique.

Selon Demir et al. (2011), le transport routier de marchandises contribue d'une manière importante aux émissions équivalentes en dioxyde de carbone. La réduction de ces émissions dans la planification

## VI. Conclusion

---

des itinéraires de transport nécessite une compréhension des modèles d'émission de véhicules et leur inclusion dans les méthodes d'optimisation existantes.

Selon les auteurs Demir et al.,(2012), Alwakiel et al., (2011), Bigazzi et al., (2009) et Demir et al., (2011) la planification du transport de marchandises comporte des nombreuses facettes, en particulier lorsque on considère les multiples niveaux de prise de décision. Nous pouvons confirmer que le problème le plus connu à ce niveau est le fameux problème de routage des véhicules (VRP), qui consiste à déterminer les routes les moins coûteuses pour satisfaire les demandes d'un ensemble de clients, sous réserve de contraintes latérales. L'objectif traditionnel du VRP standard est de minimiser la distance totale parcourue par tous les véhicules, mais cet objectif peut être enrichi par l'inclusion de termes liés à la consommation de carburant.

Cependant, les études qui traitent quantitativement l'interrelation des structures de la supply chain management et de la demande de transport de marchandises sont de nature agrégée, par exemple McKinnon et al., (1996) développent une enquête auprès des constructeurs dont ils suggèrent que la croissance du trafic du poids lourds est le résultat net d'une interaction complexe entre des facteurs fonctionnant à quatre niveaux de gestion logistique: planification stratégique des systèmes logistiques, choix des fournisseurs et des distributeurs, ordonnancement des flux de produits et gestion des ressources de transports.

En ce qui concerne les modèles complets de transport de marchandises à grande échelle, Tavasszy et al., ont présenté en (1998) l'une des premières approches pour intégrer des chaînes logistiques globales, le nom du modèle est SMILE (Modèle stratégique pour les évaluations logistiques intégrées). La conception du système d'information est également expliquée et couvre la spécification des modèles sous-jacents, l'interface graphique au moyen de laquelle des scénarios peuvent être préparés dans SMILE et la base de données. Les dernières avancées dans la modélisation du transport de marchandises se focalisent principalement sur la capture des aspects logistiques et leur impact sur la demande de transport de marchandises comme ce qui est présenté dans les articles suivants: Liedtke et al., (2006), Schroeder et al., (2012), Davydenko et al., (2015).

## VI. Conclusion

L'étude présentée dans ce chapitre portait sur des travaux de recherches liés au développement durable, la logistique et le transport routier de marchandises. Les articles ont été analysés en fonction de leurs caractéristiques principales (année de publication, titre de la revue, régions étudiées et méthodes de recherche adoptées) et le contenu. La contribution du présent chapitre est double: premièrement, nous avons pu fournir un processus d'examen structuré qui peut être utilisé comme

guide pour des recherches antérieures sur le sujet du développement durable, de la logistique et du transport routier de marchandises; et deuxièmement, nous avons mis en évidence un certain nombre des articles pour des enquêtes et travaux futurs.

Selon la recherche effectuée, il y a peu de revue littératures qui examinent en même travail le transport routier de marchandises dans une SCM dans le cadre de développement durable. D'un point de vue plus large, de nombreuses études entament :

La SCM (Bendul et al., 2016), (Estampe et al., 2010) , (Harrison and Hoek, 2008), (Hong et al., 2018), (Long and Zhang, 2014) , (John T Mentzer et al., 2001a), (Yamada et al., 2011) , (Yu et al., 2018).

Le développement durable (Al-Jebouri et al., 2017) ; (Giddings et al., 2002), (Giray Resat and Turkay, 2015) (Ivascu et al., 2015), (Iyyanki, 2017), (Meunier, 2012), (Vachon and Mao, 2008b).

Et le transport routier de marchandises (Mason et al., 2007), (Marcilio et al., 2017) ; (Moreno-Quintero et al., 2013), (Caputo et al., 2006) et (Engstrom, 2016).

Nous avons également identifié quelques combinaisons partielles entre ces concepts, nous indiquons à titre d'exemple une revue de littérature traitant le transport routier de marchandises durable (Demir et al., 2014d), la supply chain management durable (Samir K. Srivastava, 2007) et (Ciliberti et al., 2008b).

Cependant, bien qu'il a été observé que les sujets du DD, TRM et SCM ont été jusqu'à présent abordés par plusieurs auteurs et étudiés en profondeur avec d'importantes contributions à la littérature comme en témoignent les documents examinés ci-dessus, il reste beaucoup à apprendre sur la gestion des risques de transport routier de marchandise d'une chaine logistique tout en prenant en considération le développement durable.

Le prochain chapitre consiste dans son premier axe à établir un état des lieux de TRM sur le territoire marocain par rapport aux autres pays avec une projection sur les différentes réformes en matière de sécurité et de l'environnement.

Le deuxième axe s'attribue l'objectif, de décrire des risques et facteurs impactant la consommation énergétique pouvant causer plus d'accidents. Quant au troisième axe, il consistera à présenter les différents modèles aidant le calcul des émissions du CO<sub>2</sub> avec une simulation à la base du modèle MEET.

# **TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES AU MAROC : RISQUES, FACTEURS ET MODELES D'EMISSION**

## **I. Introduction**

Le secteur du transport dans sa composante marchandise est une activité qui revêt une importance majeure dans le dynamisme économique. Son importance s'illustre dans le fonctionnement des marchés, des facteurs de productions mais aussi dans l'amélioration des grandeurs macroéconomiques. Le coût élevé du transport alourdit la facture des entreprises par conséquent, celle des consommateurs à leur tour, affecte la compétitivité des entreprises locales sur le plan international. Cela conduit au manque d'attractivité du pays pour ce qui est d'investissements directs étrangers.

Ce chapitre porte trois objectifs. Le premier objectif porte sur l'analyse de statut transport routier de marchandises au Maroc notamment son rôle, ses difficultés et sa réglementation, le deuxième objectif renvoie à l'étude des risques et des facteurs qui influencent la consommation énergétique et la sécurité sur les routes. Enfin le troisième objectif est une étude comparative des modèles permettant le calcul des émissions en CO<sub>2</sub> avec une application du modèle MEET suite à des scénarios proposés.

## **II. TRM au Maroc: Etat de lieu**

### **II.1. Evolution du réseau routier**

Dans un environnement compétitif, le transport est nécessaire au bon fonctionnement du tissu productif vu sa présence dans toute la chaîne de valeur de l'amont à l'aval.

Le Royaume du Maroc accorde une grande importance aux infrastructures routières, vu leurs impacts sur le développement économique, social et touristique du pays. Selon les statistiques déclarées par la direction des routes du ministère de l'équipement, du transport de la logistique et de l'eau. Le réseau routier assure 90% des déplacements des personnes et 75% du transport de marchandises. Le ministère gère un linéaire de 57334 km de routes dont 44 180 km revêtu en 2018.

Le réseau routier revêtu a nettement évolué (figure 5) durant les dernières années sachant que directement après l'indépendance, ce linéaire n'était que de 10.348 km.

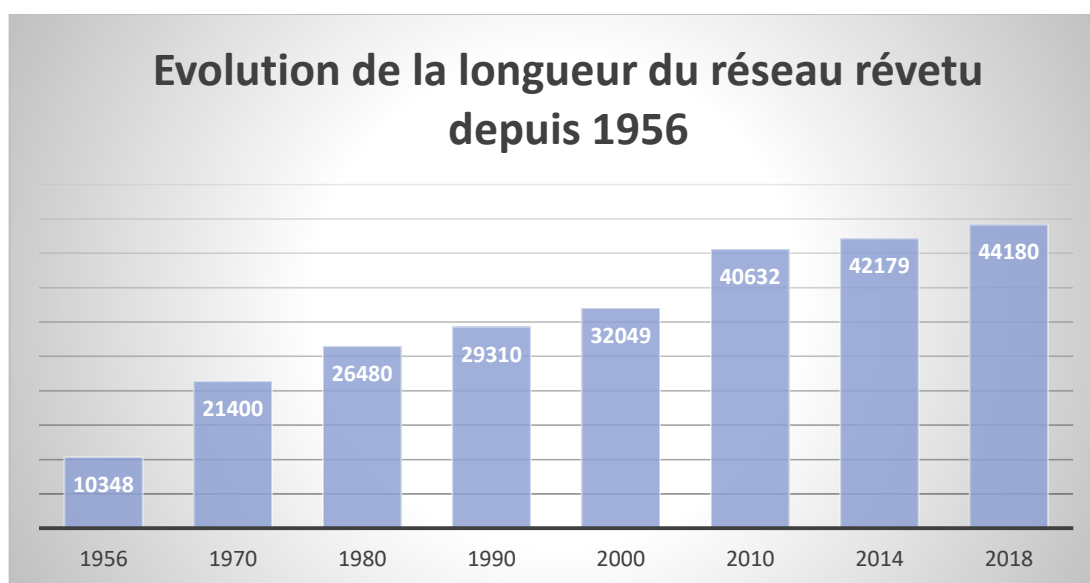


Figure 5: L'évolution de la longueur revêtue depuis 1956

## II.2. La place du réseau routier

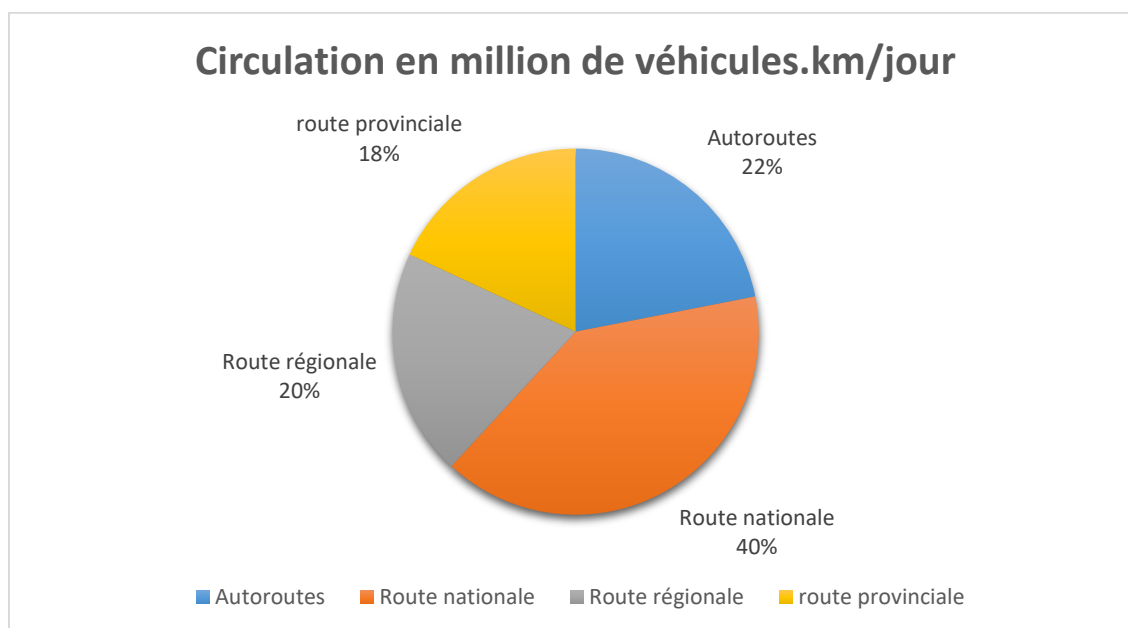
Le réseau routier joue un rôle essentiel dans le développement économique et social du pays, il facilite l'accès aux services sociaux, favorise les échanges économiques et augmente la valeur des ressources naturelles.

Selon la Fédération Nationale des Transports Routiers (FNTR) au Maroc (2016), le transport occupe une place importante sur le plan économique et social avec des statistiques aussi remarquables dans les dernières années, le transport contribue à une hauteur de 6% dans le PIB et 9% dans la valeur ajoutée du secteur tertiaire. C'est un domaine qui emploie 10% de la population active urbaine.

La circulation routière sur l'ensemble du réseau routier ou autoroutier relevant du Ministère de l'Équipement, du Transport, de la Logistique et de l'Eau a été évaluée en 2017 à 102,33 millions de véhicules kilomètres par jour contre 99,35 millions durant l'année 2016, soit un accroissement de 3,00% (Ech-chelfi and El Hammoumi, 2017a).

## II. TRM au Maroc: Etat de lieu

Les résultats de la figure 6 tiennent compte de l'estimation par type de réseau de la circulation routière sur la partie du réseau revêtu, non soumise au comptage, et sur la partie du réseau non revêtu.



**Figure 6: Circulation en million de véhicules Km/jour (2016)**

### II.3. Les conventions internationales

Selon les statistiques du Ministère de l'économie et des finances en 2013, le Maroc est adhérent à neuf conventions internationales dont les principales sont: la convention relative au contrat de transport international de marchandises par route (C.M.R.) en 1956, l'accord relatif aux transports internationaux de denrées périssables et aux engins spéciaux à utiliser pour ces transports (A.T.P) de 1970 et l'accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR) que le Maroc a signé en Juin 2000.

Toutefois, le transport des marchandises reste peu développé en raison de sa structure fragmentée, de la vétusté de son parc, de son coût élevé et des insuffisances enregistrées en matière d'organisation et de gestion.

Pour améliorer cette situation le gouvernement marocain s'est engagé dans un processus de développement et de modernisation des infrastructures, selon la direction des études et des prévisions financières, le plan national d'investissement pour le développement des infrastructures de transport engage un budget de 120 milliards de dirhams pour développer l'infrastructure (2013).

Le transport routier de marchandises représente 75% du fret national, il est constitué de 20000 transporteurs possédant 73275 camions dont 53% pour compte d'autrui et 47% pour compte propre.

Le TRM souffre de plusieurs difficultés qui freinent son développement et bloquent son fonctionnement, selon le Ministère de l'équipement, du transport et logistique en 2013, parmi les grandes difficultés de TRM il y a: l'atomicité, la fragmentation et la présence de secteur informel de TRM, c'est dans ce cadre le transport de marchandises pour tous les modes a connu ces dernières années d'importantes réformes qui visent à améliorer la compétitivité du secteur en matière de qualité, délai, coût et organisation.

En 2003 l'Etat marocain a mis en vigueur la réforme du TRM, dont l'objectif est d'en faire un secteur dynamique et concurrentiel. La réforme a également pour but de porter le transport national au niveau des standards internationaux afin de l'adapter à l'économie mondiale.

La réforme marocaine du TRM en 2003 traite quatre grands axes:

- Encouragement de l'initiative privée
- Redéfinition des relations entre chargeurs et transporteurs
- Intégration du parc formel dans le secteur organisé
- Professionnalisation du secteur.

Malgré les efforts de l'Etat, les objectifs de la réforme de 2003 ne sont pas pleinement réalisés à cause de la non maîtrise du poids de l'informel et de l'évolution du tonnage transporté. En Mai 2010, le gouvernement a été amené dans le cadre de la stratégie nationale de la compétitivité logistique à présenter un plan d'action conçu par le ministre de tutelle en accord avec les professionnels pour surmonter les difficultés de la réforme de 2003.

Le plan d'action avait pour but de renforcer l'organisation de secteur de transport de marchandises, améliorer l'environnement juridique du TRM, améliorer la compétitivité des entreprises de TRM ainsi développer et moderniser les transports internationaux routiers (TIR).

Le secteur du transport des marchandises au Maroc souffre de plusieurs contraintes soit du côté infrastructure, soit sur le plan organisationnel et collaboratif. Avec le mode ferroviaire, les actions entreprises par les pouvoirs publics s'inscrivent ainsi dans l'objectif de moderniser, mettre à niveau ledit secteur, à travers l'amélioration de l'organisation et du fonctionnement de la profession en vue d'en améliorer la concurrence et la compétitivité et encadrer le secteur par une approche environnementale.



## III. Aspects et impacts du transport

### III.1. Les risques de transport

#### III.1.1. La définition de risque

La définition du concept de risque n'est pas une tâche aisée, car elle entraîne plusieurs divergences et approches dont chacune émane d'un domaine précis. Kervernn et Rubise considèrent que le risque est la mesure du danger, et affirment que la combinaison par multiplication des deux dimensions du danger: sa probabilité et sa gravité. Le risque donne une mesure synthétique du danger, il devient une structure d'espérance et de contraintes mathématiques (1991).

Deloach définit le risque commercial comme «le niveau d'exposition aux incertitudes que l'entreprise doit comprendre et gérer efficacement dans la mise en œuvre de ses stratégies pour atteindre ses objectifs commerciaux et créer de la valeur (2000).

Dans le domaine de gestion et de la logistique, Jüttner et al., présentent la notion du risque par ses conséquences, ils abordent alors le «risque opérationnel», «risque de l'homme», ou «risque aux niveaux de service clients»( 2003). Or ce sont des conséquences du risque original qui engendrent ces « dits risques ».

Toujours face à la difficulté de la définition de la notion de risque, Tang et al., affirment que dans la littérature il y a une confusion entre le risque et l'incertitude (2011) qui tend à superposer les deux concepts.

Plusieurs définitions peuvent être attribuées au risque, tout dépend de contexte et de domaine scientifique considéré. Dans le secteur de transport, Elvik a défini en (2009) le risque comme étant «la possibilité d'occurrence d'un évènement non désiré, habituellement la possibilité sera quantifiée comme une probabilité et l'évènement sera décrit par ses séquences».

Résultant de cette définition du risque:

$$\text{Risque} = \text{Probabilité} * \text{Conséquence}$$

Les risques sont inhérents à tous les aspects des activités, la capacité de gestion des risques est un aspect important qui différencie les chefs d'entreprise performants des autres. Dans une chaîne logistique, les risques peuvent être présents dans presque toutes les étapes de développement au lancement du produit, de l'approvisionnement à la fabrication, en passant par la distribution, le support après-vente et la phase de déclin des produits etc...

Ce qui rend les risques encore plus complexes et difficiles à gérer, c'est de ne pas être sous le contrôle direct du dirigeant. Ainsi, même s'ils peuvent exister en dehors des limites de l'entreprise, ils peuvent avoir un impact énorme sur l'entreprise.

### III.1.1. Les accidents de la route

Selon l'organisation mondiale de la santé (2004), un accident est défini comme tout évènement qui produit des victimes et/ ou dommages matériels, dans le cas d'un accident de circulation, cela implique un véhicule en circulation qui se produit sur route ou après avoir sortie de la route.

Nous pouvons retenir que l'accident de la circulation, de la route ou de la voie publique est un évènement malheureux et dommageable, qui implique: l'usager, le véhicule et l'infrastructure routière. Lorsque cet accident provoque au moins une victime, il est nommé un accident corporel de la circulation, nous pouvons retenir aussi que le Maroc rejoint la définition internationale d'un accident corporel ayant fait au moins une victime, survenu sur une voie ouverte à la circulation et impliquant au moins un véhicule.

### III.1.2. Exposition

Dans une étude antérieure, Chapman en (1973) a défini l'exposition comme le nombre de possibilités d'accidents d'un certain type à un moment donné dans une zone donnée. Il a ajouté que ces opportunités incluent des voitures qui se croisent, des voitures qui se suivent et des voitures qui empruntent une route sinueuse. Il a illustré des études sur la relation entre exposition et accidents dans les collisions frontales, les collisions par l'arrière et les collisions à l'intersection. Il a suggéré que le décompte des conflits de circulation pourrait servir de mesure d'exposition. La définition de l'exposition de Chapman, et ses illustrations, a beaucoup des points communs avec la définition de l'exposition fondée sur les événements proposés plus loin dans la présente thèse.

L'exposition au risque routier est ainsi assimilée à un cumul de situations de déplacement dangereuses. Ces dangers augmentent continuellement avec l'accroissement de l'activité de conduite. La dangerosité de l'activité de déplacement est conditionnée par les comportements de l'usager et sa capacité à conduire, eux-mêmes conditionnés par l'environnement de déplacement.

Dans ce cadre, l'exposition est généralement utilisée pour calculer les taux d'implication dans un accident de circulation, c'est-à-dire les risques d'insécurité primaire. A ce niveau nous pouvons présenter l'indicateur taux d'accident comme suit:

$$\text{Taux d'accident} = \text{Nombre d'accidents de la circulation} / \text{Exposition au risque routier}$$

## III.2. Les émissions des polluants atmosphériques

### III.2.1. Pollution

Longtemps ignorée, la pollution atmosphérique générée par l'activité de transport routier, fait l'objet depuis quelques années d'une attention accrue. Les substances émises par le trafic routier sont très nombreuses et forment, à proximité des routes, un véritable cocktail de polluants dans l'air. Des

### III. Aspects et impacts du transport

---

politiques de réduction sont élaborées à différents niveaux pour réduire les polluants de l'air (oxydes de soufre, oxydes d'azote, particules) et les gaz à effet de serre (dioxyde de carbone).

Le livre de Stapleton et al., en (2003) présentent plusieurs types de pollution avec plusieurs facteurs qui la causent. Dans cette partie nous allons nous focaliser sur la pollution liée au véhicule, la grande majorité des voitures et des camions d'aujourd'hui utilisent des moteurs à combustion interne fonctionnant à l'essence ou à d'autres combustibles fossiles. Le processus de combustion de l'essence pour alimenter les voitures et les camions contribue à la pollution de l'air en libérant une variété d'émissions dans l'atmosphère. Les émissions rejetées directement dans l'atmosphère par les tuyaux d'échappement des voitures et des camions sont la principale source de pollution automobile. Par conséquent, nous pouvons distinguer à ce niveau deux catégories des pollutions, la pollution primaire et la pollution secondaire.

La pollution primaire des véhicules à moteur, est la pollution directement émise dans l'atmosphère, tandis que la pollution secondaire résulte des réactions chimiques entre des polluants après leur rejet dans l'air. La liste des polluants atmosphériques d'origine automobile est longue, parmi les polluants présents à l'état de gaz, il y a les oxydes de carbones (CO et CO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub> regroupés sous l'appellation NO<sub>x</sub>), les composés organiques volatiles(COV), parmi lesquels les hydrocarbures(HC), le dioxyde de soufre(SO<sub>2</sub>). Dans ce qui suit nous allons présenter les principaux polluants associés aux véhicules à moteur:

#### III.2.1.1. Dioxyde de Carbone (CO<sub>2</sub>)

Les transports à base de pétrole et les centrales au charbon sont considérés comme les principales causes du réchauffement de la planète(Stapleton et al., 2003). Les quantités excessives de dioxyde de carbone, de méthane et de NO<sub>x</sub>, entre autres gaz, emprisonnent la chaleur dans l'atmosphère et créent l'effet de serre.

Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est l'un des principaux constituants des gaz d'échappement du carburant. Environ un tiers du CO<sub>2</sub> émis dans l'atmosphère chaque année provient des gaz d'échappement des véhicules.

Le méthane (CH<sub>4</sub>), bien que généralement associé à du gaz naturel, est également émis à chaque fois on extrait le pétrole brut, transporté, raffinée, ou stocké.

#### III.2.1.1. Monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone est issu de combustions incomplètes des énergies fossiles, par exemple dans le cas de moteurs mal réglés. Les voitures et les camions sont à l'origine de près des deux tiers de ce polluant. Lorsqu'il est inhalé, le CO bloque la circulation de l'oxygène vers le cerveau, le cœur et d'autres organes vitaux du corps humain. Les nouveau-nés et les personnes atteintes de maladies

chroniques sont particulièrement sensibles aux effets du CO, nous pouvons citer également que le CO participe aux mécanismes de formation de l'ozone troposphérique. Dans l'atmosphère, il se transforme en dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> et contribue à l'effet de serre

#### III.2.1.2. Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Le dioxyde de soufre est le soufre du combustible fossile qui est dégagé dans l'air durant les combustions. C'est un gaz irritant. Il est associé à une altération de la fonction pulmonaire chez les enfants et à une exacerbation des symptômes respiratoires chez l'adulte (toux, gêne respiratoire). Les personnes asthmatiques y sont particulièrement sensibles.

Les véhicules à moteur créent ce polluant en brûlant des carburants contenant du soufre notamment du diesel. Il peut réagir dans l'atmosphère pour former de fines particules et poser un risque pour la santé de jeunes enfants et des asthmatiques.

#### III.2.1.3. Particules (PM)

Ces particules de suie, de métaux et de pollen donnent au smog sa couleur trouble. Parmi les pollutions véhiculaires il y a les particules fines (moins d'un dixième du diamètre d'un cheveu humain) qui constituent la menace la plus grave pour la santé humaine en pénétrant profondément dans les poumons. En plus des émissions directes de particules fines, les automobiles émettent des oxydes d'azote, des hydrocarbures et du dioxyde de soufre, générant des particules fines supplémentaires en tant que pollution secondaire.

#### III.2.1.4. Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>).

Ces polluants véhiculaires peuvent provoquer une irritation des poumons et affaiblir les défenses de l'organisme contre les infections respiratoires telles que la pneumonie et la grippe. En outre, ils contribuent à la formation d'ozone et de particules. Dans de nombreuses villes, la pollution par les NO<sub>x</sub> représente un tiers de la pollution par les particules fines dans l'air.

#### III.2.1.1. Ozone (O<sub>3</sub>)

L'ozone est le principal ingrédient du smog urbain, il se crée lorsque les hydrocarbures et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), composé à la fois de substances chimiques libérées par la combustion de carburants, réagissent au rayonnement solaire. Bien que bénéfique dans la haute atmosphère, au niveau du sol, l'ozone peut irriter le système respiratoire, provoquant la toux, l'étouffement et une capacité pulmonaire réduite.

#### III.2.1.2. Polluants atmosphériques dangereux (toxiques).

Ces composés chimiques, émis par les voitures, les camions, les raffineries, les pompes à essence et autres sources connexes, ont été associés à des anomalies congénitales, au cancer et aux autres

### III. Aspects et impacts du transport

---

maladies graves. L'EPA<sup>3</sup> estime que les substances toxiques dans l'air émises par les voitures et les camions représentent la moitié des cancers causés par la pollution de l'air.

Les transports routiers constituent une véritable préoccupation en termes de pollution atmosphérique cependant, du fait de la diversité des véhicules, l'estimation des émissions dues aux transports est complexe.

#### III.2.2. Les émissions en CO<sub>2</sub> de transport routier

Selon Sabry et al., (2014) le secteur du transport contribue à 23% du total des émissions du dioxyde de carbone dans le monde. Le transport routier, voitures et camions, participe à plus de 60% de ces émissions.

Selon Combe et al. (2016) le TRM est prévu d'augmenter partout dans l'Europe de 80% dans les environs de 2050 ce qui génère une augmentation sévère de la congestion et des accidents.

Selon Schipper (2009) chaque type de combustible possède une teneur en CO<sub>2</sub>, en évaluant la quantité de carburant brûlée sur une période donnée, on peut évaluer la quantité de CO<sub>2</sub> émis, cette approche dite « descendante » ce qui permet d'estimer globalement les quantités produites en CO<sub>2</sub>.

« Mesurer le carbone » est plus significatif par rapport à l'estimation des tonnes métriques annuelles, l'adoption d'une approche « ascendante » est nécessaire pour mesurer le carbone. Ce mode de collecte de données s'intéresse à la répartition des émissions par secteur, type de véhicule, type de carburant, teneur en CO<sub>2</sub>, une des approches les plus utilisées est la démarche ASIF proposée par Schipper et al., en (2000) qui a porté comme objectif le calcul de taux d'émission par chaque pays.

Selon Michel Didier et al., (2007), il y a des pays comme la Chine, l'Allemagne et la France qui ont déployé des politiques de collecte des données sur le taux d'émission des gaz à effet de serre, sur la configuration modale du secteur du transport et le contenu en carbone pour chaque type de combustible. Ce qui peut aider à minimiser et à suivre la consommation énergétique.

Dans notre contexte marocain le Ministère de l'équipement, du transport et de la logistique a recensé des statistiques en 2012 détaillant les facteurs qui génèrent des risques d'accident dans la route et qui sont :

- La nature du véhicule
- L'ancienneté du permis
- Le conducteur
- L'infrastructure
- L'environnement...

---

<sup>3</sup> U.S. Environmental Protection Agency. "Green Vehicle Guide." Available from <http://www.epa.gov/greenvehicles>.

Au regard de sa politique publique, le Maroc est bien s'inscrit dans l'approche développement durable. Il a mis en place des lois et réglementations dans le cadre de la logistique, transport et développement durable mais cela reste insuffisant en matière de résolution de problèmes liés au TRM.

Etant un pays en voie de développement avec des nouveaux projets d'investissement et des nouvelles industries multinationales implantées. Le Maroc voit augmenter la circulation de la marchandise basée en premier lieu sur le transport routier de marchandises. Cette forte industrialisation crée également l'épanouissement socioéconomique. La figure 7 représente les émissions du pays sur une période de 50 ans (Labarthe, 2006), les données ont été estimées en utilisant une approche descendante visant à calculer les émissions à partir du contenu en CO<sub>2</sub> de chaque type et quantité de combustible lorsqu'il est brûlé.

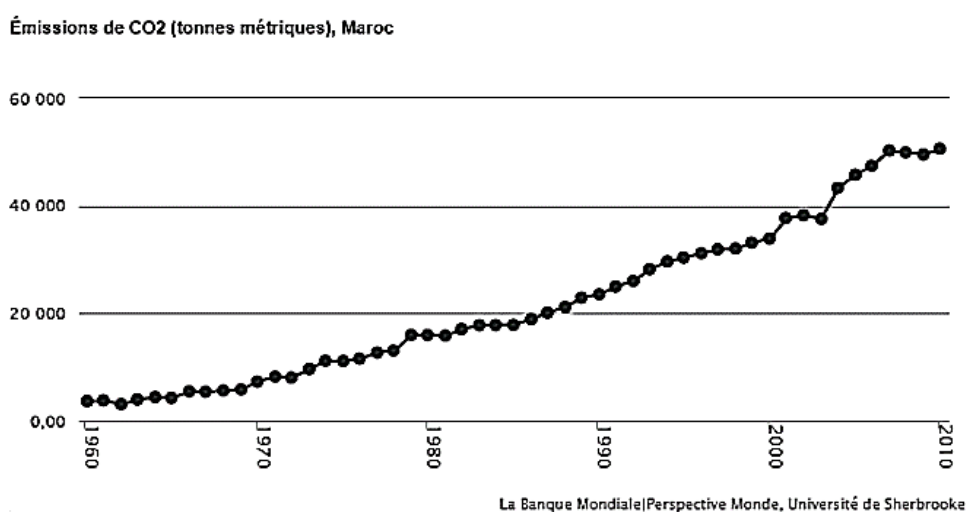


Figure 7: Emissions de CO<sub>2</sub> du Maroc en tonnes métriques (Labarthe, 2006)

### III.2.3. La réduction des émissions

Récemment, avec la préoccupation mondiale croissante pour l'environnement, les industriels et les transporteurs ont commencé à accorder plus d'attention aux effets négatifs de leurs opérations. Il s'agit notamment de la pollution, des accidents, de la consommation énergétique, du bruit, de la détérioration des équipements et des risques de changement climatique. Toutes ces conséquences rendent nécessaire la réduction des émissions de GES causées en grande partie par le transport routier de marchandises.

Il existe trois grandes familles de réductions possibles dans le secteur du transport. Les deux premières agissent plus sur le développement du milieu urbain ou rural, la troisième est liée à l'aspect technologique des moyens et méthodes de transport.

La réduction des émissions produites est liée en grande partie à la réduction des kilomètres parcourus, un véhicule qui parcourt plus, produit plus et vice versa. Cette réduction peut être obtenue

#### **IV. Les facteurs d'émission**

---

en modifiant l'environnement urbain ou rural de telle façon à rendre les services plus accessibles (logements, quartiers industriels, centre-ville, loisirs et autres). Autres approches ont été proposées par Sabry et al., permettent aux entreprises de réduire les émissions, les durées et la congestion de la route en planifiant à l'avance les trajets de livraison grâce à des outils d'aide à la décision spécifiques (2014).

Selon les informations citées ci-dessus nous signalons que le TRM présente une grande valeur ajoutée pour l'économie marocaine. Dans le but de favoriser ce secteur et de surmonter ses différentes contraintes, l'Etat a mis en place des réformes et réglementations qui ont donné un résultat favorable mais non satisfaisant. De ce fait, des recherches scientifiques qui ont pris le Maroc comme état de lieu, ont marqué la nécessité d'organiser le secteur et de maîtriser ses émissions en CO<sub>2</sub> qui s'évaluent d'une manière exponentielle.

Force est de constater qu'aujourd'hui la prédominance des impacts environnementaux sont liés aux émissions de gaz à effet de serre (GES). Pour agir sur les émissions de GES, il faut une étude approfondie liée aux émissions de transport routier. La relation entre le transport, la pollution atmosphérique et son effet sur la santé humaine est modélisée par des outils statistiques divers. C'est comme l'impact de la pollution de transport sur des cancers du sein (Hystad et al., 2015), le taux des hospitalisations pour pneumonie (Devos et al., 2016) ou le risque cardiorespiratoire (Aggarwal and Jain, 2015).

#### **IV. Les facteurs d'émission**

Il existe plusieurs facteurs d'émission, nous pouvons les classer en quatre catégories distinctes, il y a des facteurs liés aux caractéristiques de véhicule, de trajet, de trafic et d'autres à l'environnement. La maîtrise des facteurs est bénéfique pour les gestionnaires de flottes et également pour ceux qui planifient les tournées de véhicules. Les gestionnaires de flotte tentent de planifier le mieux possible les itinéraires de livraison afin de satisfaire toutes les contraintes de service. En ayant connaissance de ces informations, ils seront en mesure de créer des routes qui diminueront à la fois les émissions et leurs coûts de consommation de carburant.

Ces améliorations réduiront la quantité de GES dans l'atmosphère, au bénéfice de l'environnement. Dans l'axe suivant nous allons classer les principaux facteurs impactant le niveau de consommation énergétique de véhicule, en deux catégories internes et externes de l'entreprise, afin d'encadrer les grands paramètres d'optimisation, de réduction des émissions en GES et particulièrement en CO<sub>2</sub>.

## IV.1. Facteurs internes

### IV.1.1. Véhicule

La consommation énergétique est un problème majeur pour les industries parce qu'elle alourdit les charges variables liées au déplacement de la marchandise, plusieurs facteurs peuvent aider à réduire ou augmenter la consommation, selon le choix et la décision de responsable transport. Nous pouvons citer deux grands facteurs importants: le PTAC et la charge utile.

PTAC: Plus le poids total autorisé en charge augmente plus la consommation énergétique et les émissions augmentent. Selon la démonstration faite par Demir et al., (2014d), la nature du système de véhicule impacte aussi la consommation, par exemple: la fonction de la benne nécessite une consommation plus qu'un plateau ou une citerne qui fonctionne avec un système simple. C'est-à-dire avec un système non hydraulique, les véhicules consomment plus de carburant par rapport à ceux qui ont un système hydraulique.

Charge utile: L'augmentation de la charge utile augmente la puissance du moteur, ce qui entraîne une consommation de carburant plus élevée. La charge utile du véhicule affecte la force d'inertie, la résistance au roulement et la force de la pente de route. Elle peut être une partie importante dans la prise des décisions liées à l'acheminement.

Au fil des années, la minimisation de la distance totale parcourue a été reconnue comme l'objectif le plus important dans le domaine de l'acheminement des véhicules et du transport de marchandises. Cependant, l'interaction de la recherche opérationnelle avec l'ingénierie mécanique et de la circulation montre qu'il existe des facteurs essentiels pour expliquer la consommation de carburant, des facteurs qui affectent l'efficacité du moteur, tels que le rapport air-carburant, la vitesse du moteur et le taux de compression. Afin de déplacer un véhicule, un moteur doit fournir de l'énergie pour surmonter les effets de l'inertie, de la résistance au roulement, de la résistance au vent, de la pente de la route, des pertes du train de roulement et des accessoires.

Suite au même objectif nous ajoutons le travail de Demir et al., (2011) qui mentionnent d'autres facteurs pertinents tels que le poids, la répartition des charges, le type et la taille du moteur, la conception du véhicule et la pente de la route...

### IV.1.2. Entreprise

#### IV.1.2.1. La flotte de véhicules

La sélection de la bonne flotte de véhicule, elle a un impact significatif afin d'aider le transporteur à construire un plan de transport rentable et durable. Ce plan de transport définit à la fois les routes



## IV. Les facteurs d'émission

---

empruntées par les véhicules et leurs horaires, les opérations de chargement et de déchargement du fret transporté...

La consommation énergétique est également un critère critique dans le choix de la flotte de véhicules, sachant que les petits véhicules qui ont des moteurs plus petits consomment moins de carburant que les lourds véhicules. Cependant, l'utilisation d'un seul véhicule lourd peut entraîner une consommation de carburant inférieure à celle de deux véhicules légers.

Selon Demir et al., (2011), pour une certaine quantité de charge utile, la différence entre un véhicule moyen et un véhicule lourd peut aller jusqu'à 14 litres de carburant sur un tronçon routier de 100 kilomètres. Ainsi les décisions prises par le concepteur de la flotte concernent à la fois les véhicules et les marchandises.

### IV.1.2.2. Les kilomètres à vide

Les kilomètres à vide sont des kilomètres parcourus par des véhicules vides et doivent être évités autant que possible, les réduire entraîne toujours une moindre consommation de carburant, tout en prenant en considération que la plupart des opérations de routage commencent ou se terminent dans un dépôt avec une charge vide. Selon des statistiques de la commission européenne en (2010), près d'un quart (23,9%) de tous les véhicules-kilomètres parcourus en véhicule à moteur dans l'UE étaient des véhicules vides. Dans le transport entrant, la part du véhicule-kilomètre vide est généralement plus élevée que dans le transport sortant. Les kilomètres vides causent une pollution de l'environnement et exercent une pression inutile sur les infrastructures de transport, le kilométrage à vide est souvent causé par un manque d'information et une faible planification des tournées.

### IV.1.3. Conducteur

L'un des facteurs les plus importants affectant la consommation de carburant est le conducteur, c'est lui qui contrôle la vitesse du véhicule, le taux d'accélération, l'utilisation des freins, la technique de changement de vitesse, le temps de ralenti, la pression de gonflage et plus encore. Selon le groupe industriel américain Caterpillar (2006), la différence de consommation de carburant entre les meilleurs et les moins bons conducteurs peut atteindre 25% (42,2 à 56,5 litres sur un tronçon routier de 100 kilomètres). La marche au ralenti du moteur peut également être considérée comme une consommation liée au conducteur.

Le comportement du chauffeur avec de mauvaises habitudes de conduite (les fenêtres ouvertes pendant le fonctionnement de la climatisation ou du chauffage), le sexe, l'âge, l'ancienneté et l'expérience impactent la consommation de carburant.

## IV.2. Facteurs externes

### IV.2.1. Les conditions climatiques

Selon les auteurs Koetse et Rietveld (2009), les conditions météorologiques ont une incidence sur la sécurité routière, plusieurs variables météorologiques semblent être importantes. Stern et Zehavi (2006) étudient la relation entre la chaleur et les accidents de la route, ils concluent que le risque d'accident augmente avec l'augmentation des conditions de stress thermique. De plus, le brouillard et le vent peuvent avoir un effet croissant sur le nombre d'accidents (Hermans et al., 2006). Cependant, la variable la plus importante est la précipitation, les preuves empiriques de l'impact de la pluie et de la neige sur la fréquence et la gravité des accidents de la route sont abondantes.

Bien que les études utilisent une grande variété de méthodes (moindres carrés, régressions de Poisson et binomiales négatives, approche par paires appariées, différences moyennes, indices de chaussée mouillée) et affichent une assez grande variété de résultats sur le plan quantitatif, la plupart d'entre elles indiquent une relation positive entre les précipitations et la fréquence des accidents de la route suite à la recherche effectuée par Chung et al., (2005).

Andrey et al., ont constaté en (2003) une augmentation assez extrême du nombre d'accidents de la route et de blessures par précipitation. En moyenne, les précipitations augmentent le nombre d'accidents de 75% et le nombre de blessures associées de 45%, sans ignorer l'effet des chutes de neige qui a un effet plus important que les précipitations (Council, 2008).

### IV.2.2. La pente de la route

Sur une pente, la puissance demandée des roues augmente considérablement avec le poids du véhicule, en raison de la force due à l'inclinaison de la route. Dans certaines régions, le gradient routier joue un rôle important et peut entraîner des émissions de CO<sub>2</sub> plus élevées.

Demir montre en (2011) que la consommation de carburant d'un véhicule de service moyen, sur une pente de 1% peut augmenter jusqu'à six litres sur un tronçon routier de 100 kilomètres. L'inverse est également vrai: rouler sur une pente négative réduit la consommation de carburant. La prise en considération des données de la route s'avère intéressante, pour cela nous pouvons mentionner le rôle des systèmes d'information géographique avancé (SIG), qui aident le conducteur à adapter la vitesse de véhicules aux différentes contraintes de la route, ce qui assurent la sécurité et la minimisation de la consommation de carburant.

## IV. Les facteurs d'émission

---

### IV.2.3. Réglementation

#### IV.2.3.1. Congestion

Conduire dans des zones encombrées, augmente la consommation de carburant en raison de vitesse inférieure à la vitesse optimale. Woensel et al., ont évalué la variation de niveau d'émission CO<sub>2</sub> entre l'utilisation d'une vitesse constante et des vitesses dépendant du débit de circulation c'est à dire le nombre de déplacement des véhicules dans une période donnée ( 2001).

Sur la base d'une enquête traitant les voitures sur l'autoroute, le groupe industriel américain Caterpillar a montré que les émissions de CO<sub>2</sub> liées au débit, sont en moyenne 11% plus élevées que les émissions de CO<sub>2</sub> calculées en utilisant une vitesse constante, une augmentation maximale de 40% a également été observée pendant les heures de pointe (2006). Suite à la même enquête, parcourir 15% du kilométrage total sur des routes encombrées entraîne une augmentation de 8% de la consommation de carburant. Voyager 25% du kilométrage total sur les routes congestionnées entraîne approximativement une augmentation de 15% de la consommation de carburant, pour cela si le responsable des véhicules arrive à gérer le calendrier et planifier les opérations de transport comme le chargement, les rendez-vous etc... il peut à un certain niveau éviter l'embouteillage et les émissions qui en sont liées.

#### IV.2.3.2. Vitesse

La consommation de carburant dépend de plusieurs facteurs, mais la vitesse est la plus importante car elle affecte l'inertie, la résistance au roulement, la résistance à l'air et la pente de la route. La plupart des études s'intéressent à la distance parcourue mais Woensel et al.,(2001) ont montré que le fait de négliger l'effet de la congestion entraîne une sous-estimation des émissions réelles du trafic routier. Les émissions dues à la circulation dépendent principalement du nombre de véhicules et de la vitesse de ces véhicules.

Selon Demir et al.,(2011) la consommation de carburant augmente d'environ 0,001 litre / kilomètre pour chaque kilomètre / heure au-dessus de 55 kilomètres / heure. La réduction de la vitesse du véhicule de 100 kilomètres / heure à 90 kilomètres / heure peut réduire la consommation de carburant d'environ 0,02 litre par kilomètre.

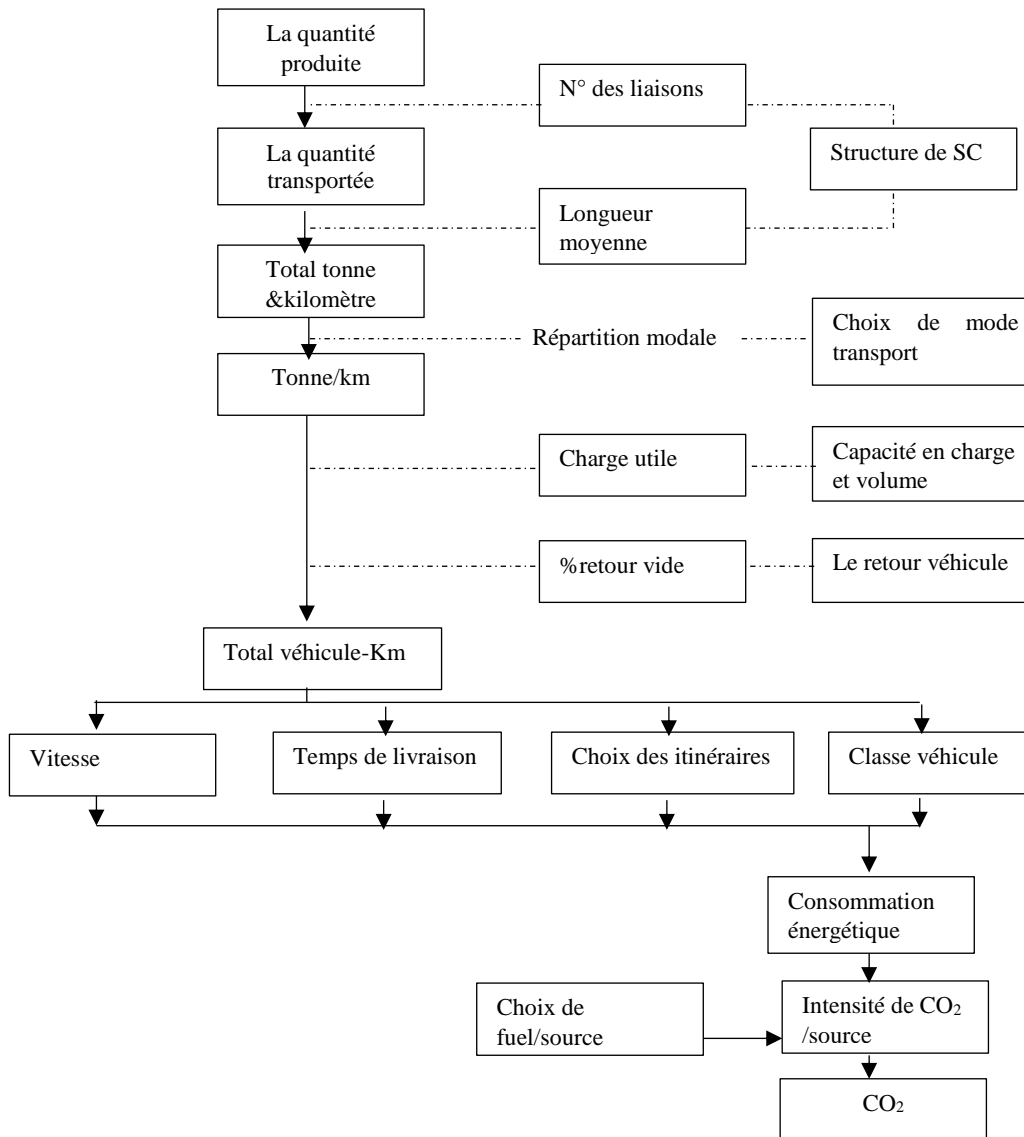
Demir et al.,( 2012) ont déterminé la vitesse de conduite optimale et ont montré que des réductions d'émissions pouvaient être obtenues en faisant varier la vitesse sur un réseau. Il convient de noter que la vitesse de conduite optimale varie dans une certaine mesure entre les zones géographiques en raison des limites de vitesse et de la densité du trafic. Dans cette partie nous nous sommes limités aux facteurs internes et externes qui sont liés à notre démarche d'optimisation ultérieure, par contre il y a d'autres facteurs importants également, qui influencent la consommation énergétique de véhicules.

## **V. Les modèles de calcul des émissions en CO<sub>2</sub>**

### **V.1. Mesure d'émissions de CO<sub>2</sub> liées au transport des marchandises**

Pour être en mesure de réduire les émissions provenant du transport des marchandises, une figure synthétique est nécessaire à développer, figure 8. Cette figure explique l'interaction entre les différents facteurs cités ci-dessus avec une présentation de processus de déplacement de la marchandise. A chaque niveau de la cartographie nous pouvons sortir des indicateurs de mesure qui aident à faire le pilotage de processus et le suivi de la consommation énergétique. Les calculs doivent être effectués régulièrement, pour pouvoir suivre la performance de l'organisation et évaluer l'effet de différentes mesures de réduction des émissions.

La bonne prise de décision en fonction de la vitesse, de la classe de véhicule, du choix de l'itinéraire et du temps de livraison... peuvent présenter un effet significatif sur la minimisation de la consommation en carburant et par conséquent la minimisation des émissions en CO<sub>2</sub>.



**Figure 8: Cartographie simplifiée des émissions CO<sub>2</sub> dans une chaîne logistique**

Lors du calcul des émissions, plusieurs méthodes peuvent être utilisées, nous pouvons citer les deux méthodes suivantes :

- L'approche énergétique
- L'approche par activité.

Selon Leonardi et al., le but de ces méthodes n'est pas de calculer l'empreinte carbone totale des opérations de transport de marchandises mais juste d'inclure les émissions directes du carburant brûlé dans le moteur du véhicule de transport lui-même (2010).

### V.1.1. L'approche énergétique

Avec une approche basée sur l'énergie, le point de départ est la quantité totale d'énergie consommée par les opérations de transport. En fonction de la quantité de carburant utilisée et de la quantité de CO<sub>2</sub> créée lorsque ce combustible est brûlé, les émissions peuvent être calculées. Selon

Jofred et Oster, Chaque type de carburant a un taux de conversion spécifique, appelé facteur d'émission et qui dépend de la teneur en carbone et de pays concerné (2011).

Le moyen le plus simple et le plus précis pour que les entreprises de transport calculent leurs émissions de transport, est d'enregistrer l'utilisation d'énergie et / ou de carburant et d'utiliser des facteurs de conversion standard pour convertir les valeurs d'énergie ou de carburant en émissions de CO<sub>2</sub>.

Les transporteurs ayant un accès direct aux données de consommation de carburant sont donc encouragés à collecter toutes leurs données de consommation de carburant, chaque litre de carburant consommé entraînera une certaine quantité d'émissions de CO<sub>2</sub>, ainsi l'approche énergétique est basée sur la formule suivante :

$$\text{Emissions CO}_2 = (\text{Nombre des litres de carburant consommé}) * \text{kg CO}_2 \text{ par litre de carburant}$$

#### V.1.2. l'approche par activité

Les transporteurs ayant des activités réparties devraient calculer leurs propres émissions de CO<sub>2</sub> de leur parc, en se basant sur l'approche précédente par énergie. Si l'accès aux données de consommation de carburant des sous-traitants est limité ou incomplet, un calcul utilisant l'approche par activité peut être recommandé pour les opérations sous-traitées.

Avec une approche basée sur les activités du point de départ est plutôt les activités réelles de transport, le calcul est souvent basé sur la combinaison du poids des marchandises transportées, de la longueur du transport et du mode de transport. Une approche plus précise pourrait également inclure le facteur de charge, le type de trafic (par exemple urbain ou routier) et le type de véhicule (par exemple, les camions de grande ou petite taille).

Pour cette approche, les facteurs d'émission de distance sont développés en fonction de type de véhicule utilisé, ces facteurs expliquent la quantité de CO<sub>2</sub> émise lors du transport d'une tonne de marchandises sur un kilomètre pour chaque véhicule désigné. Dans le cas d'absence des données liées à un véhicule particulier, nous pouvons utiliser des facteurs d'émission généraux pour un certain nombre de types de véhicules différents, par exemple camion léger, camion lourd, bateau de récipient, bateau en bloc etc...(NTM, 2010).

Pour obtenir une estimation précise des émissions lors de l'utilisation d'une approche basée sur l'activité, des facteurs tels que le facteur de charge et les itinéraires de transport doivent être connus.

L'approche basée sur l'activité est basée sur la formule suivante:

$$\text{Émissions CO}_2 = \text{Tonnes} * \text{kilomètre} * \text{gCO}_2 \text{ par tonne km}$$

## V. Les modèles de calcul des émissions en CO<sub>2</sub>

---

Pour le transport routier de marchandises, le facteur moyen d'émission de CO<sub>2</sub> recommandé par McKinnon est de 62 g CO<sub>2</sub> / tonne-km (2010). Cette valeur est basée sur un facteur de charge moyen de 80% de la charge utile maximale du véhicule et de 25% de la marche à vide.

Les entreprises individuelles peuvent toutefois utiliser des facteurs d'émission qui reflètent mieux les caractéristiques spécifiques de leurs chaînes logistiques, de leurs produits et de leurs clientèles, en tenant compte des différentes charges utiles et des niveaux de fonctionnement à vide.

### V.2. Les modèles de calcul de la consommation énergétique

Il existe plusieurs modèles d'émission qui peuvent être classés en modèles macroscopiques et microscopiques. Les modèles d'émission peuvent être complexes et diversifiés ainsi une certaine connaissance de leur fonctionnalité fondamentale est essentielle.

Le calcul de la consommation d'énergie et des émissions est directement lié les uns aux autres ainsi des nombreux facteurs tels que le comportement de conduite, les conditions routières et les conditions du véhicule peuvent affecter la consommation de carburant et, par conséquent, les émissions. Cependant, il peut être difficile de refléter tous ces facteurs dans un modèle d'émission Demir et al.,(2014c).

De nombreux modèles s'offrent aux gestionnaires de la flotte de véhicule afin de connaître l'impact de transport routier sur l'environnement. Il existe six modèles de calcul d'émissions qui sont classés comme suit:

- Modèle 1: Modèle instantané de consommation de carburant.
- Modèle 2: Modèle de consommation de carburant élémentaire à quatre modes.
- Modèle 3: Modèle de consommation de carburant en vitesse de marche.
- Modèle 4: Modèle global d'émissions modales(CMEM).
- Model 5: Programme informatique pour le calcul d'émissions du transport routier (COPERT).
- Modèle 6: Méthodologie de calcul d'émissions du transport et de la consommation d'énergie (MEET).

Dans ce qui suit, nous présentons à titre général chaque modèle dans le but de distinguer les différents modèles à travers une étude comparative et de choisir le modèle le plus adapté à notre démarche.

#### V.2.1. Modèle 1: Modèle instantané de consommation de carburant

Le modèle instantané de consommation de carburant ou modèle instantané à court terme a été développé par Bowyer et al.,en (1985) comme extension du modèle de puissance de Kent et al., en (1982). Le modèle tient compte des caractéristiques des véhicules tels que: le poids, le type de

carburant, la force de la trainée et les composants de la consommation de carburant associés à l'aérodynamisme, la résistance au roulement et à la consommation de carburant par unité de temps.

Le modèle suppose que les changements dans les niveaux d'accélération et de décélération se produisent dans un court intervalle de temps durant une seconde.

#### V.2.2. Modèle 2: Modèle de consommation de carburant élémentaire à quatre modes

Bowyer et ses collaborateurs décrivent un modèle élémentaire à quatre modes. Dans un raffinement de Akçelik (1983), on estime la consommation de carburant pour le ralenti, la vitesse de croisière, l'accélération et la décélération. Le modèle inclut les mêmes paramètres que le modèle 1, mais introduit de nouvelles considérations telles que la vitesse initiale, la vitesse finale et les paramètres liés à l'énergie. Il nécessite des données relatives à la distance, à la vitesse de croisière, au temps mort et à la pente moyenne de la route, un véhicule est dit en mode de ralenti lorsque le moteur est en marche mais avec une vitesse inférieure à 5 km / h. Des estimations plus précises peuvent être effectuées si les vitesses initiale et finale de chaque cycle d'accélération et de décélération sont connues. Le modèle comprend quatre fonctions,  $F_a$ ,  $F_d$ ,  $F_c$  et  $F_r$ , correspondant aux estimations de la consommation de carburant (mL) pour les modes d'accélération, de décélération, de croisière et de ralenti Demir et al.,( 2012).

Le modèle élémentaire suppose une perte minimale d'informations sur la conduite, et donc une perte minimale de précision dans les estimations de la consommation de carburant. Ce modèle est bien convenable à l'estimation de la consommation de carburant pour les trajets de courte distance, mais son grand nombre de paramètres et l'existence de quatre fonctions peuvent rendre sa mise en œuvre difficile.

#### V.2.3. Modèle 3: Modèle de consommation de carburant en vitesse de marche

Le modèle de consommation de carburant en vitesse de marche est une forme agrégée du modèle élémentaire, il a été introduit par Bowyer et al.,(1985) pour calculer la consommation de carburant pendant les périodes où un véhicule est en marche et en mode inactif.

Le modèle de vitesse d'exécution est une extension du modèle instantané, et il peut être considéré comme une agrégation du modèle élémentaire. Les modes d'accélération, de décélération et de croisière sont regroupés dans une même fonction. Cependant, ce modèle ne prend pas en compte le mode de ralenti d'un véhicule (la marche au ralenti qui fait référence au fonctionnement du moteur d'un véhicule lorsque celui-ci n'est pas en mouvement). Le modèle de vitesse de marche peut être utilisé pour estimer la consommation de carburant dans diverses situations de circulation, quelle que soit la nature des trajets longs ou courts.



### V.2.4. Modèle 4: Modèle global d'émission modale

Un modèle global d'émissions modales (CMEM) destiné aux véhicules du poids lourd a été développé et présenté par Demir et al.,( 2011), Le CMEM suit, dans une certaine mesure, le modèle de Ross( 1994) qui se compose de trois modules, à savoir la puissance du moteur, la vitesse du moteur et le taux de carburant.

Le modèle complet d'émissions est similaire au modèle de consommation instantanée de carburant. Cependant, pour produire des estimations précises, il faut des paramètres spécifiques au véhicule, telles que le coefficient de frottement du moteur et la vitesse du moteur du véhicule. Barth et al., en ( 2005a) ont testé ce modèle par divers scénarios de trafic pour 23 catégories différentes de technologies du véhicule et différents cycles. Les mêmes auteurs ont également développé un logiciel informatique appelé modèle d'émission modale basé sur ce modèle d'émission particulier.

### V.2.5. Model 5: Programme informatique pour le calcul d'émissions du transport routier (COPERT)

Le modèle COPERT est un programme informatique aide à calculer les émissions provenant du transport routier (COPERT). Il est décrit par Ntziachristos et Samaras en( 2000). COPERT estime les émissions de tous les principaux polluants atmosphériques ainsi que les gaz à effet de serre (c.-à-d. CO<sub>2</sub>), qui sont produits par différentes catégories de véhicules (par exemple, voitures particulières, véhicules utilitaires légers, véhicules lourds, cyclomoteurs et motocyclettes).

COPERT utilise un certain nombre de fonctions de régression pour estimer la consommation de carburant, qui sont spécifiques aux véhicules de poids différents. COPERT est également basé sur des mesures sur route, mais il ne prend pas en considération la pente de la route et l'accélération. Un aspect intéressant de ce modèle est sa capacité à différencier deux gammes de vitesse différentes pour chaque classe de véhicule.

### V.2.6. Méthodologie de calcul d'émissions de transport et de la consommation d'énergie (MEET)

Hickman et al, ont étudié les facteurs d'émission du transport routier et ils ont décrit une méthodologie appelée MEET, qui est utilisée pour calculer les émissions de transport et la consommation d'énergie des véhicules lourds. Cette méthodologie comprend une variété des fonctions d'estimation, qui dépendent principalement de la vitesse et d'un certain nombre des fonctions fixes et prédéfinies (1999).

Suite au modèle MEET, il y'a plusieurs variables qui peuvent influencer les émissions de CO<sub>2</sub>, la vitesse, le poids, la pente de la route, le taux de chargement et la distance avec des paramètres réels.

Pour les véhicules d'un poids inférieur à 3,5 tonnes, la consommation de carburant est estimée à l'aide d'une fonction de régression dépendante de la vitesse

$$\varepsilon = 0.0617v^2 - 7.8227v + 429.51 \quad (2)$$

Où  $\varepsilon$  est le taux d'émissions (g / km) pour un véhicule de marchandises non chargé sur une route à pente nulle, et  $v$  désigne la vitesse moyenne du véhicule (km/h), pour les autres classes de véhicules, MEET propose l'utilisation d'une fonction sous forme:

$$\varepsilon = K + av + bv^2 + cv^3 + d/v + e/v^2 + f/v^3 \quad (3)$$

Les paramètres  $K$  et  $a-f$  sont des coefficients prédéfinis qui dépendent de la classe de véhicules choisie, le tableau 7 présente les valeurs de ces coefficients afin de les inclure dans l'équation 3.

*Tableau 7: les paramètres d'émission du modèle MEET selon la classe de véhicule*

Weight class	K	a	b	c	d	e	f
3,5<weight≤7,5	110	0	0	0,000375	8702	0	0
7,5<weight≤16	871	-16,0	0,143	0	0	32031	0
16<weight≤32	765	-7,04	0	0,000632	8334	0	0
Weight>32	1576	-17,6	0	0,00117	0	36067	0

Dans la partie suivante nous allons traiter théoriquement l'impact de plusieurs facteurs, en premier lieu, nous allons étudier l'impact de la vitesse et de la classe véhicule sur le taux d'émission  $\varepsilon$  (g / km) dans les cas standards, par la suite nous allons ajouter le taux de charge véhicule et la pente de la route afin de présenter au mieux le taux d'émission corrigé  $F$  (g / km).

### V.3. Application du modèle MEET

#### V.3.1. Démarche

Nous avons choisi d'appliquer le modèle MEET, parce que c'est le modèle qui laisse au responsable Supply Chain, la décision en terme de choix de véhicule, le taux de chargement avec faisabilité de groupage de la commande ou pas, et également c'est un modèle qui analyse l'impact de la vitesse sur les émissions. À ce niveau nous allons analyser les impacts de la vitesse, le taux de chargement, la classe PTAC de véhicule et la structure de la route en ce qui concerne la pente.

Avec des conditions théoriques (une pente de la route = 0 et un véhicule vide c'est-à-dire un facteur de charge=0), Le modèle MEET montre que les émissions en CO<sub>2</sub> par rapport à la vitesse, est une courbe convexe avec un point optimal de vitesse pour une émission minimale figure 9. L'application de modèle standard de MEET montre également l'impact significatif de la classe véhicule sur les émissions, plus le PTAC augmente plus les émissions augmentent figure 10, cela peut guider le

## V. Les modèles de calcul des émissions en CO<sub>2</sub>

responsable de la flotte véhicule concernant le choix de véhicule, avant d'entamer l'opération de chargement.

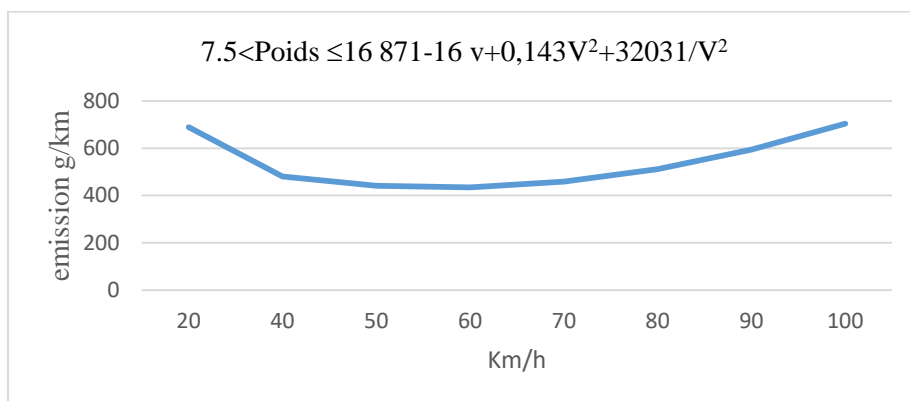


Figure 9: l'impact de la vitesse sur les émissions

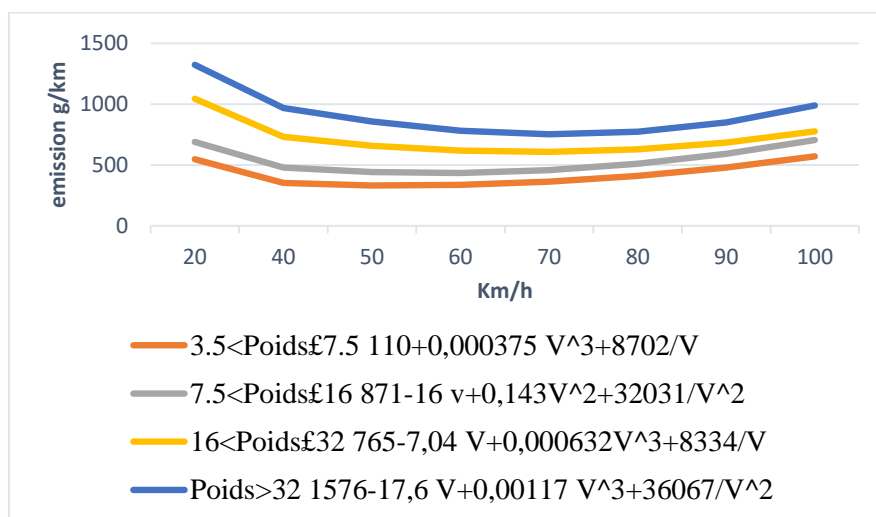


Figure 10: l'impact de la charge véhicule sur les émissions CO<sub>2</sub>

La mise en application du modèle MEET dans des conditions d'essai standard, nous permet d'identifier l'impact de choix de la classe du véhicule sur les émissions en CO<sub>2</sub>. Les facteurs d'émission et les fonctions suggérés dans la littérature se réfèrent à des conditions d'essai standard (c'est-à-dire une pente de route nulle, un véhicule vide, etc.). Ces facteurs sont typiquement calculés en fonction de la vitesse moyenne du véhicule.

Selon la classe de véhicule, un certain nombre de corrections peuvent être nécessaires pour tenir compte des effets de la pente de la route et de la charge du véhicule sur les émissions. Une fois qu'une estimation approximative ait été produite, la fonction de correction de la pente de la route (4), est utilisée pour prendre en compte l'effet de l'inclinaison de la route avec des coefficients affichés dans le tableau 8.

$$GC = A_6v^6 + A_5v^5 + A_4v^4 + A_3v^3 + A_2v^2 + A_1v + A_0 \quad (4)$$

Où GC est le facteur de correction du gradient routier.

**Tableau 8: les paramètres de la correction de la pente de route**

Weight class	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	La pente
Weight ≤7,5	0	-3,01E-09	5,73E-07	-4,13E-05	1,13E-03	8,13E-03	9,14E-01	[0,4]
Weight ≤ 7,5	0	-1,39E-10	5,03E-08	-4,18E-06	1,95E-05	3,68E-03	9,69E-01	[-4,0]
7,5< weight ≤ 16	0	-9,78E-10	-2,01E-09	-1,91E-05	-1,63E-03	5,91E-02	7,70E-01	[0,4]
7,5< weight ≤ 16	0	-6,04E-11	-2,36E-08	-7,76E-06	-6,83E-04	1,79E-02	6,12E-01	[-4,0]
16 < weight ≤ 32	0	-5,25E-09	9,93E-07	-6,74E-05	2,06E-03	-196E-02	1,45E+00	[0,4]
16 < weight ≤ 32	0	-8,24E-11	2,91E-08	-2,58E-06	5,76E-05	-4,74E-03	8,55E-01	[-4,0]
Weight >32	0	-2,04E-09	4,35E-07	-3,69E-05	1,69E-03	-3,16E-02	1,77E+00	[0,4]
Weight >32	0	-1.10E-09	2,69E-07	-2,38E-05	9,51E-04	-2,24E-02	9,16E-01	[-4,0]

L'équation(5), est utilisée pour prendre en compte le facteur de charge, qui est proposé par l'auteur Eggleston (2000):

Pour un véhicule

$$LC_e = 1 + 2 * LC_i * \frac{LP - 50}{100} \quad (5)$$

Où :

LP, c'est le facteur de charge réel (exprimé en pourcentage de la charge maximale. En d'autres termes, LP = 0 désigne un véhicule non chargé et LP = 100 représente un véhicule totalement chargé).

LC<sub>i</sub>, c'est le facteur de correction de charge sa valeur diffère selon le type de polluant **i**. Pour la consommation de carburant, LC = 0,18 tableau 9.

**Tableau 9: Facteurs de correction de charge (LC) appliqués aux véhicules lourds**

Polluants	Facteur de charge
CO	0,21
NO <sub>x</sub>	0,18
VOC	0,00
PM	0,08
Consommation de carburant	0,18

Le modèle MEET suggère d'estimer les émissions de CO<sub>2</sub> (g) comme suit:

$$F = \varepsilon * GC * LC_e * Distance. \quad (6)$$

F, c'est le facteur d'émission corrigé du polluant **i** en (g / km) du véhicule de la classe véhicule **j**.

## V. Les modèles de calcul des émissions en CO<sub>2</sub>

---

La comparaison montre que les six modèles tiennent compte de la charge, de la vitesse et de l'accélération du véhicule, bien que la façon dont ils intègrent ces facteurs dans l'approximation soit très variable, en particulier pour la charge du véhicule.

Les modèles 1 à 4 sont similaires dans leur prise en compte de paramètres spécifiques du véhicule, plutôt détaillés et techniques, telles que la forme du véhicule (zone frontale) et les conditions routières (par exemple, la pente, résistance de surface). Ce n'est pas le cas des modèles 5 et 6 qui présentent des estimations plus simples basées sur des régressions à travers un ensemble prédéfini de paramètres pour un certain nombre de classes de véhicules.

Le modèle MEET est, dans une certaine mesure, capable de prendre en compte les facteurs de charge et de la pente de route grâce aux facteurs de correction, mais ce n'est pas le cas pour le modèle COPERT. À la base de cette comparaison, la suite de ce chapitre sera réservée au traitement de différents scénarios liés au modèle MEET, afin de déterminer la situation optimale selon le couple (vitesse, tonnage) qui satisfait l'entreprise dans une approche durable.

Dans cette expérimentation nous allons nous focaliser sur le modèle MEET, à travers des scénarios générés, le véhicule utilisé est limité par le poids total en charge qui ne peut pas dépasser 44 kilogrammes, selon code marocain de la route, relatif aux véhicules (2018)

Il y a différentes classes de véhicules ( $V_e$ ) au Maroc qui diffèrent selon le PTAC:

- Remorque à 2 essieux: PTAC= 18 tonnes
- Remorque à 3 essieux: PTAC=24 tonnes
- Train routier à 5 essieux: PTAC= 40 tonnes

PTAC est le poids total maximal autorisé d'un véhicule routier ou d'une remorque, lorsqu'il est chargé y compris le poids du véhicule, le poids du carburant, le poids de la remorque et le poids de la cargaison. Ainsi sur un segment de la route de 100 km nous allons traiter l'influence des facteurs suivants: PTAC, gradient de route et facteur de charge sur la consommation énergétique.

Les données utilisées :

- Facteurs de charge(L): 0%(véhicule vide), 25% ; 50% ; 80% ; 90%
- La pente de la route (Gr): le gradient d'une route a pour effet de diminuer ou d'augmenter la résistance d'un véhicule à la traction, car la puissance utilisée pendant l'opération de conduite détermine la quantité de carburant, les valeurs prises 0% ; 2% ; 4% ; -2% ; -4%
- La vitesse(V): selon le code de la route, le Maroc impose une vitesse limite qu'il ne faut pas dépasser 80 km/h, pour les poids de véhicules qui dépassent 19000 KG

Dans nos expériences, les limites de vitesse inférieures et supérieures sont réglées sur: 20 Km/h ; 40 Km/h ; 60 Km/h ; 80 Km/h. La combinaison de ces paramètres génère 480 scénarios ce qui montre

la variété des situations et des risques liés au transport routier de marchandises, la figure 11 synthétise les différents scénarios.

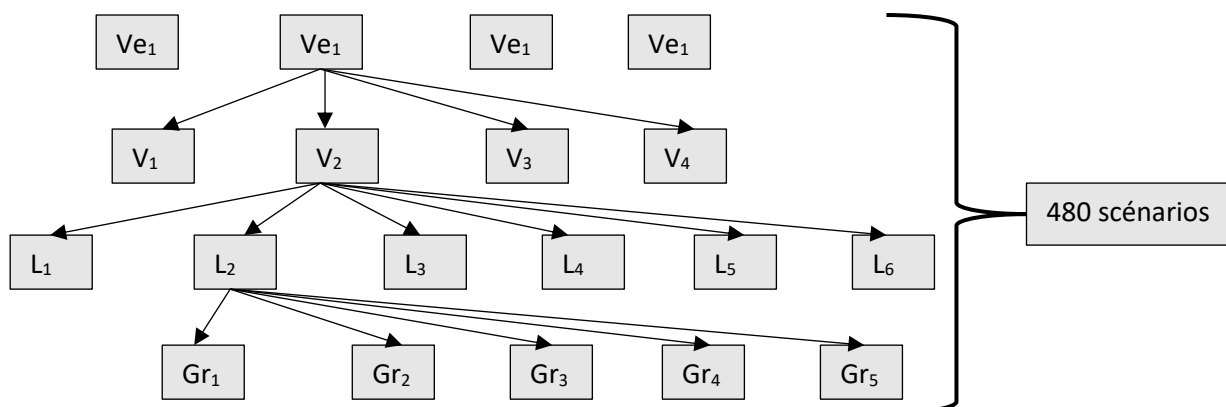


Figure 11: Arbre de décision

### V.3.2. Résultat et discussion

Nous nous sommes limités dans l'exécution de 36 scénarios pour visualiser au mieux l'impact de chaque facteur de la méthode MEET tableau 10, en utilisant des outils informatiques du genre Excel et SPSS software pour procéder à l'analyse statistique des données.

Tableau 10 : résultat d'un scénario simplifié

Ve(Tonnes)	V(K m/h)	L(%)	Gr(%)	Facteur de charge corrigé	Facteur de la pente	Emission (L=0%, Gr=0) (g/km)	Emission corrigée (g/km)
24	40	25	4	0,91	1,65288	732,198	1101,314
24	40	25	0	0,91	1	732,198	666,300
24	40	25	-4	0,91	0,65849	732,198	438,752
24	40	50	4	1	1,65288	732,198	1210,235
24	40	50	0	1	1	732,198	732,198
24	40	50	-4	1	0,65849	732,198	482,145
24	40	100	4	1,18	1,65288	732,198	1428,077
24	40	100	0	1,18	1	732,198	863,993
24	40	100	-4	1,18	0,65849	732,198	568,931
24	60	25	4	0,91	1,91848	618,012	1078,935

## V. Les modèles de calcul des émissions en CO2

24	60	25	0	0,91	1	618,012	562,390
24	60	25	-4	0,91	0,53374	618,012	300,1705
24	60	50	4	1	1,91848	618,012	1185,643
24	60	50	0	1	1	618,012	618,012
24	60	50	-4	1	0,53374	618,012	329,857
24	60	100	4	1,18	1,91848	618,012	1399,059
24	60	100	0	1,18	1	618,012	729,254
24	60	100	-4	1,18	0,53374	618,012	389,232
40	40	25	4	0,91	1,7531	1003,341875	1600,652
40	40	25	0	0,91	1	1003,341875	913,041
40	40	25	-4	0,91	0,5944	1003,341	542,711
40	40	50	4	1	1,7531	1003,341	1758,958
40	40	50	0	1	1	1003,341	1003,341
40	40	50	-4	1	0,5944	1003,341	596,386
40	40	100	4	1,18	1,7531	1003,341	2075,571
40	40	100	0	1,18	1	1003,341	1183,943
40	40	100	-4	1,18	0,5944	1003,341	703,735
40	60	25	4	0,91	2,0388	897,218	1664,616
40	60	25	0	0,91	1	897,218	816,468
40	60	25	-4	0,91	0,48568	897,218	396,542
40	60	50	4	1	2,0388	897,218	1829,249
40	60	50	0	1	1	897,218	897,218
40	60	50	-4	1	0,48568	897,218	435,761
40	60	100	4	1,18	2,0388	897,218	2158,514
40	60	100	0	1,18	1	897,218	1058,717
40	60	100	-4	1,18	0,48568	897,218	514,198

**Tableau 11: Traitement statistique de scénario simplifié**

CHAPITRE 2 : TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES AU MAROC : RISQUES, FACTEURS ET MODELES D'EMISSION

Ve (Tonnes)		Ve (Tonnes)	V (Km/h)	L (%)	Gr (%)	Facteur de charge corrigé	Gradient factor	Emission (L=0%,Gr=0) (g/km)	Emission corrigée	
24	Erreur standard de Skewness	0,536	0,536	0,536	0,536	0,536	0,536	0,536	0,536	
	Erreur standard de Kurtosis	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	
	Percentiles	25	24,00	40,00	25,00	-4,00	0,9100	0,658	618,01	471,296
		50	24,00	50,00	50,00	0,00	1,0000	1,00	675,10	697,777
		75	24,00	60,00	100,0	4,00	1,1800	1,65	732,20	1122,4
	Skewness			0,000	0,417	0,000	0,417	0,470	0,000	0,467
	Kurtosis			-2,267	-1,594	-1,6	-1,594	-1,332	-2,267	-1,077
40	Erreur standard de Skewness	0,536	0,536	0,536	0,536	0,536	0,536	0,536	0,536	
	Erreur standard de Kurtosis	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	
	Percentiles	25	40,00	40,00	25,00	-4,00	,9100	0,594	897,22	582,97
		50	40,00	50,00	50,00	,00	1,00	1,00	950,28	958,2
		75	40,00	60,00	100,00	4,00	1,18	1,75	1003,34	1688,20
	Skewness			0,000	0,417	0,000	0,417	0,470	0,000	0,506
	Kurtosis			-2,267	-1,6	-1,6	-1,6	-1,367	-2,267	-1,130

Le tableau 10 indique qu'il y a 100 % des observations valides concernant la classe des véhicules, le pourcentage de charge, le gradient de route et la vitesse pour la variable émission corrigée. Il n'y a donc aucune donnée manquante. Au total, 18 valeurs pour chaque paramètre participent au calcul des émissions corrigées en CO<sub>2</sub>.

Enfin, l'indice de symétrie (skewness) montre que dans les deux cas (véhicule 24 tonnes et 40 tonnes), le pic de la distribution est déplacé vers les valeurs basses, avec un skewness positif et élevé. Ainsi l'indice d'aplatissement (kurtosis) indique les mêmes valeurs pour les deux catégories véhicules.



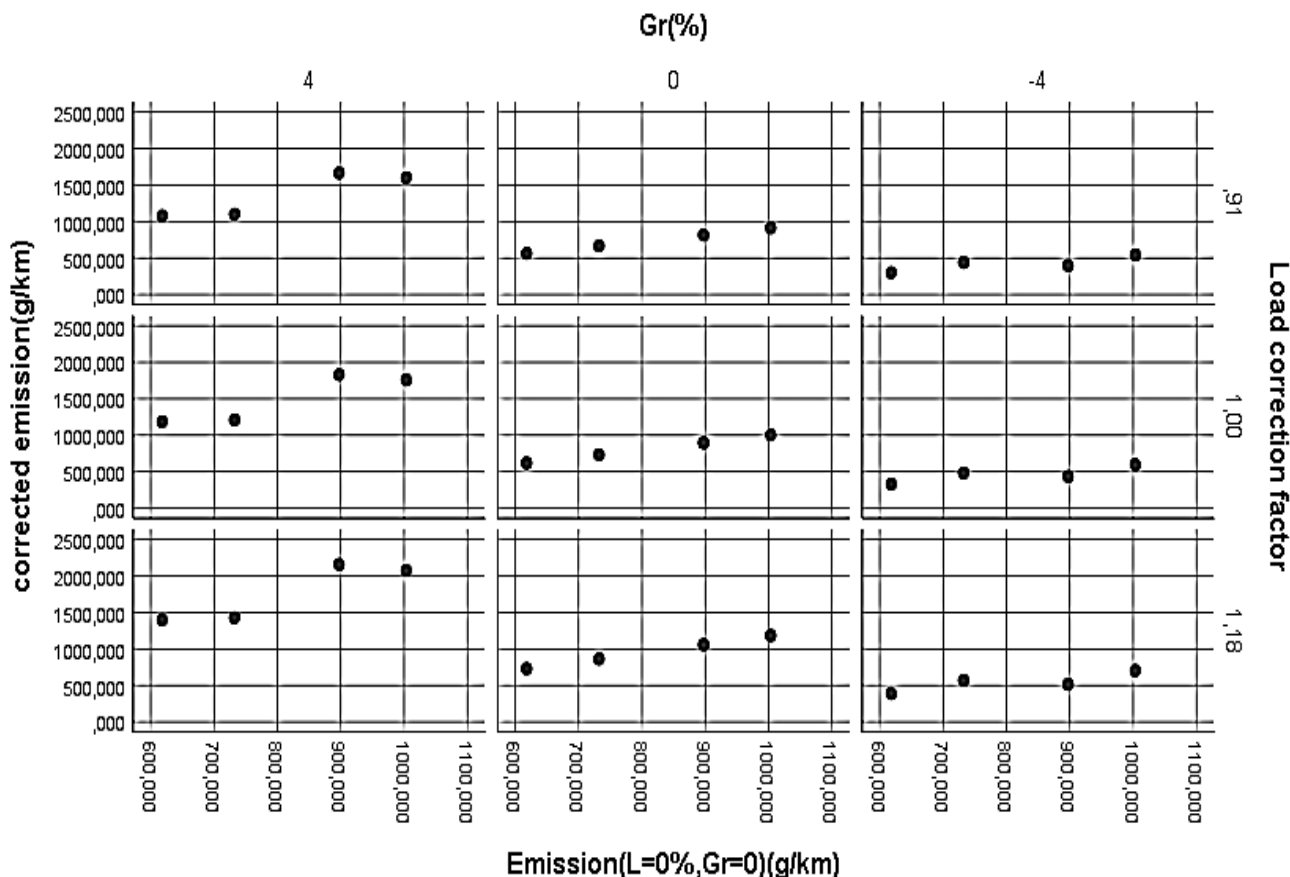


Figure 12: Le niveau d’impact des facteurs sur les émissions en CO<sub>2</sub>

Le résultat de la figure 12, montre comment affectent les différentes variables l’augmentation des émissions, l’axe émission (L=0%, Gr=0) est influencé par deux paramètres: la catégorie de véhicule (dépend de son poids brut et la vitesse moyenne de circulation pour un kilomètre) en fixant un paramètre, nous pouvons remarquer l’effet des autres.

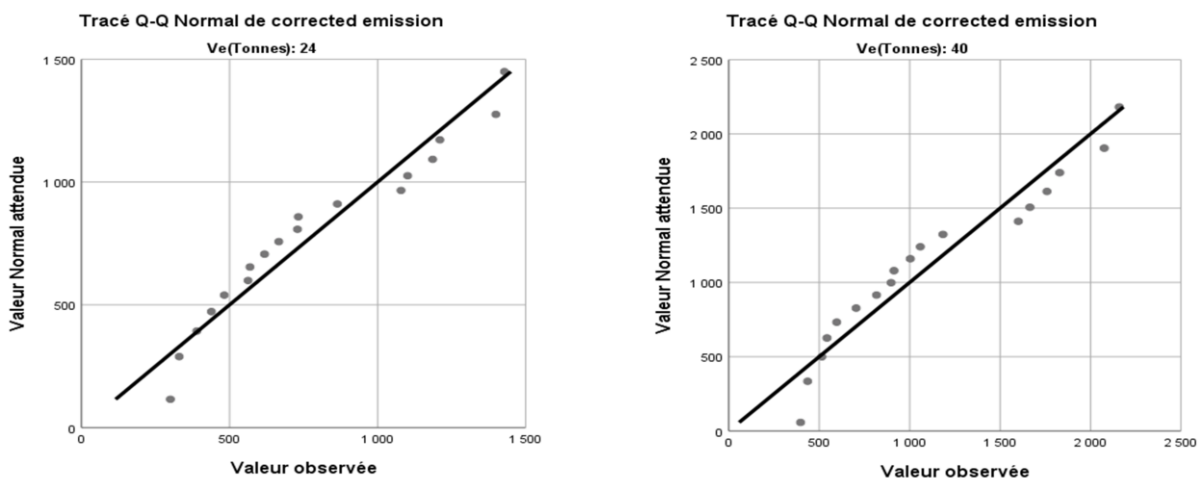


Figure 13: Tracée Q-Q plot des émissions corrigées en CO<sub>2</sub> en fonction de la classe de PTAC

En statistique la tracée Q-Q plot, figure 13, est un outil graphique qui permet d'évaluer l'ajustement de la distribution avec le modèle théorique de la droite de Henry.

Le diagramme quantile-quantile très facile à construire avec le tableur Excel ou un autre logiciel comme SPSS, il permet une appréciation graphique de l'ajustement d'une distribution observée à un modèle théorique.

L'axe des ordonnées porte les quantiles  $x$  de la distribution observée, tandis que l'axe des abscisses porte les quantiles  $x^*$  correspondants de la loi théorique. Le nuage des points  $(x^*, x)$ , s'aligne sur la première bissectrice lorsque la distribution théorique proposée est une bonne représentation des observations. On remarque que l'appréciation de l'alignement des points le long de la bissectrice peut être considérée comme subjective. Toutes les déviations par rapport à l'alignement (extrémités présentant une courbure, points éloignés, ...) peuvent être repérées et analysées. Dans la figure 13, nous remarquons que la distribution observée peut être assimilée à une loi normale vu que la linéarité pour le véhicule de 24 tonnes et 40 tonnes est satisfaisante.

### VI. Conclusion

Le secteur du transport dans sa composante marchandise est une activité qui revêt une importance majeure dans le dynamisme économique. Son importance s'illustre dans le fonctionnement des marchés, des facteurs de productions mais aussi dans l'amélioration des grandeurs macroéconomiques. Le coût élevé du transport alourdit la facture des entreprises par conséquent, celle des consommateurs à son tour, affecte la compétitivité des entreprises locales sur le plan international. Cela conduit au manque d'attractivité du pays pour ce qui est d'investissements directs étrangers.

Le secteur du transport de marchandises au Maroc connaît plusieurs difficultés qui entravent son développement intégré, les principaux obstacles sont liés à l'organisation de la profession, au manque relatif d'infrastructures pour certaines de ses composantes et aux retards dans les services logistiques. Les actions entreprises par le gouvernement visent donc à moderniser le secteur en améliorant l'organisation et le fonctionnement du secteur dans son ensemble. Le tout pour une amélioration de la compétitivité interentreprises et de gérer le secteur de transport selon une approche environnementale.

Dans ce chapitre nous avons pu présenter les différentes recherches abordant les risques et les facteurs influençant les émissions en CO<sub>2</sub>, et à travers une étude comparative des modèles de calcul des émissions, nous avons pu choisir le modèle le plus adéquat à notre démarche qui est le MEET. Ce modèle nous l'avons appliqué à base des scénarios simplifiés. Les résultats obtenus ont pu confirmer l'impact de la vitesse, la pente de route, le taux de chargement de véhicule, la classe de véhicule choisie sur les émissions de transport routier de marchandises.

Le chapitre suivant est basé sur une enquête faite à base d'un questionnaire ayant l'objectif d'analyser la situation des entreprises inscrites ou non dans une approche environnementale, particulièrement la certification ISO 14001 et les efforts de ces entreprises en matière de prévention et de formation des employés sur le sujet de transport routier des marchandises.

## LA PRATIQUE DE L'APPROCHE ENVIRONNEMENTALE DANS LES ENTREPRISES MAROCAINES

### I. Introduction

La prise de conscience des enjeux environnementaux est aujourd'hui l'un des thèmes, qui s'impose dans la recherche scientifique et les débats actuels. Le développement durable et la protection de l'environnement ne sont pas uniquement du ressort de l'Etat, mais aussi de la responsabilité de toutes les composantes de la société.

Le secteur industriel est l'un des secteurs les plus concernés, dans la mesure où sa responsabilité dans la dégradation de l'environnement n'est plus à démontrer (émission de gaz à effet de serre, déchets industriels...).

L'investissement des entreprises dans des approches environnementales peut les aider à assurer un avantage concurrentiel en créant de la valeur ajoutée et également de jouer le rôle d'acteur citoyen en minimisant les risques. Ce qui peut réduire par conséquent les coûts de la production.

Mais, quels niveaux ont les entreprises marocaines en matière de développement durable? Sont-elles sensibilisées aux enjeux économiques, sociaux et environnementaux dans leurs processus de transport ?

Ce chapitre porte comme objectif l'analyse d'un échantillon de 30 entreprises selon le mode de transport dominant, la connaissance et la prévention contre les risques de transport routier de marchandises et la présence ou pas des standards environnementaux comme ISO 14001.

Actuellement, nous admettons que la performance de toute institution, quelle que soit sa nature, passe par l'adoption d'un système de management qui respecte les prescriptions de base relatives au

## II. Données et méthodologie

---

concept du développement durable et de ses composantes économiques, socioculturelles et environnementales.

Suite à la déclaration de l'auteur Fekari (2011), le nombre des entreprises certifiées au Maroc est très faible, malgré les dispositions prises par les pouvoirs publics. En effet et à l'ère de la COP 22, les entreprises marocaines sont de plus en plus sollicitées pour intégrer des préoccupations à la fois économiques, sociales et environnementales dans leurs pratiques managériales Cherkaoui et al., (2016). Dans ce sens, nous mettons l'accent sur la pratique et la conscience des entreprises marocaines à l'aide d'un questionnaire destiné à un échantillon d'entreprise et analysé à l'aide du logiciel SPSS.

## II. Données et méthodologie

### II.1. Source des données

L'étude exploratoire décrite dans le présent chapitre vise à fournir un aperçu de l'état des entreprises enquêtées et des pratiques en matière d'utilisation de transport routier de la marchandise sur le territoire marocain, ainsi que la connaissance et l'application des approches de gestion des risques de transport et la protection de l'environnement. À cette fin, une enquête par questionnaire a été menée auprès d'un échantillon de sociétés opérant au Maroc dans le secteur industriel, commercial et autre utilisant le transport pour compte propre ou autrui. L'objectif de la méthode d'enquête est de produire une description quantitative de quelques aspects de la population étudiée. L'analyse de l'enquête repose notamment sur l'étude des relations entre les variables, ainsi les résultats de ces analyses peuvent servir pour prévoir l'évolution des variables étudiées dans le futur.

Dans cet axe, les résultats de l'enquête empirique sont présentés, donnant un aperçu des caractéristiques pertinentes des entreprises interrogées, notamment le nom et la raison sociale, la forme juridique, leur répartition par nombre d'employés, taille de la flotte, type d'activité, le mode de transport utilisé, la portée géographique et l'étendue des services fournis. Ainsi les données concernant le nombre d'envoi par camion par semaine, le conditionnement de la marchandise, l'analyse de risque et la certification ISO 14001 sont ensuite documentées et discutées.

Une série de questions liée au mode de transport utilisé, le marché d'entreprise (local, régional, national ou international), la nature de la marchandise, la taille de l'entreprise et son ouverture à l'international...

Différents outils tels que Microsoft-Excel, le progiciel statistique SPSS et Google forms ont été utilisés dans l'analyse des données du questionnaire.

## II.2. Méthodologie

### II.2.1. Recueil des données et échantillonnage

#### II.2.1.1. Différents types d'enquête en ligne

Nous pouvons distinguer deux principales formes de recueil de données sur internet citées par Galan et Vernet (2000). L'enquête peut être diffusée par l'envoi d'un courrier électronique où le répondant renvoie le message après avoir renseigné les champs (pièce attachée ou questionnaire inclus dans le mail), ou bien le questionnaire peut être mis sur un site ou l'aide de Google Forms.

Selon Baumard et al., le mode recueil des données le plus utilisé dans les recherches par enquête est le questionnaire (2003). Un questionnaire est un outil qui permet d'interroger directement des individus en définissant au préalable, par une approche qualitative, les modalités de réponses à travers des questions dites fermées, il est surtout utilisé dans les démarches quantitatives.

#### II.2.1.2. Principaux avantages d'un questionnaire en ligne

Nous souhaitons administrer un questionnaire à un ensemble des collaborateurs, dispersés géographiquement. Le choix d'envoyer un questionnaire en ligne a été fait en raison de plusieurs critères. Comme le fait remarquer Gueguen (2000), l'administration d'un questionnaire en ligne présente plusieurs avantages, le principal est lié au coût, quasi nul pour le chercheur, mais aussi pour le répondant (en dehors du temps mis à renseigner), ce coût est très faible, surtout lorsqu'on dispose d'une base de sondage, comme dans notre cas. En effet, il n'y a plus besoin d'enquêteur, il n'y a pas de saisie des résultats à effectuer (elle se fait automatiquement), les relances (qui peuvent être automatisées) ne coûtent rien, la dispersion géographique des répondants ne présente plus un obstacle de coût pour le chercheur.

Pour Couper (2001), le web est le médium le moins coûteux, surtout pour les grands échantillons de plus, ce mode d'administration permet des délais de réponses raccourcis, notamment par rapport à l'enquête par voie postale.

Un autre avantage d'un questionnaire en ligne tient à la réception des réponses, celles-ci sont directement intégrées et stockées dans un fichier avec des statistiques qui concernent les différentes réponses obtenues, elles sont prêtes à être codées et exportées vers un logiciel de traitement de données comme SPSS, le dépouillement est ainsi très rapide, sans erreur de saisie.

#### II.2.1.3. Le choix de l'outil sur Internet: Google Forms

Nous avons réalisé un questionnaire en ligne à l'aide de l'outil « Google Forms ». Après avoir passé en revue plusieurs outils permettant de réaliser de questionnaires en ligne, notre choix s'est arrêté sur l'outil proposé par Google. Google Form présente plusieurs avantages, parmi lesquels nous

## II. Données et méthodologie

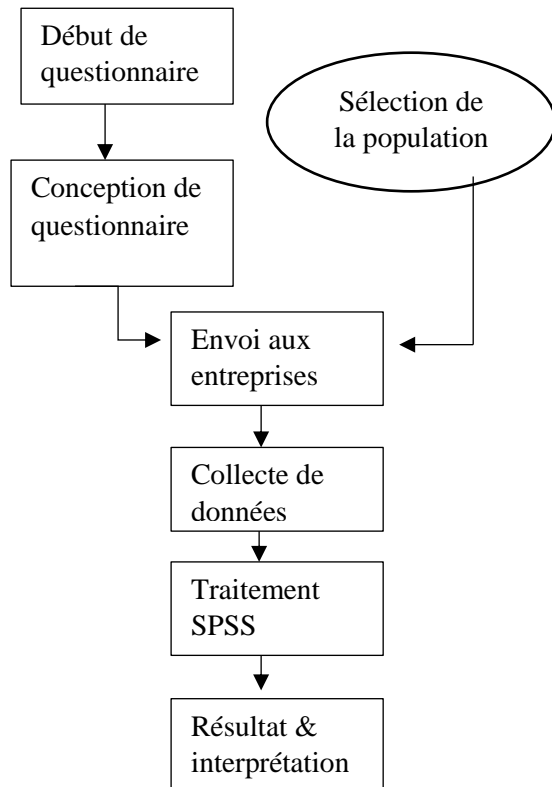
---

mentionnons la gratuité, l'enregistrement efficace des données, la sécurité due à la puissance technique de Google, les fonctionnalités proposées par Google en ce qui concerne la récupération des réponses sous forme des graphiques. Avec cet outil nous pouvons également envoyer un lien aux différents enquêtés pour accéder ensuite au questionnaire ou d'afficher le questionnaire dans le corps de l'email. Cela offre plus de visibilité et d'accessibilité à l'enquêté. Enfin, il apparait que Google est le moteur de recherche le plus connu et utilisé, il conserve une bonne image de marque, jeune et conviviale.

### II.2.2. Processus de traitement de questionnaire

Concernant notre méthodologie, nous avons choisi l'utilisation d'un questionnaire référé aux entreprises puis une analyse par SPSS 25, le progiciel statistique pour les sciences sociales (SPSS) est l'un des logiciels les plus utilisés pour l'analyse statistique dans le domaine des sciences sociales. Il s'agit également de l'un des logiciels les plus utilisés par les chercheurs de marché, les chercheurs en santé, les sociétés d'enquête, les gouvernements et les chercheurs en éducation, entre autres. En plus de l'analyse statistique, la gestion des données (sélection de cas, reconfiguration de fichiers, création de données dérivées) et la documentation de données (un dictionnaire de métadonnées est stocké) sont des fonctionnalités de SPSS, selon Serber et Lee ( 2003).

Cette analyse identifie la relation entre les variables utilisées dans le questionnaire afin de clarifier la situation des transports routiers de marchandises au Maroc et le niveau de consciences des entreprises marocaines vis-à-vis de la certification 14001. La figure 14 illustre le processus adopté dans le traitement de questionnaire.



**Figure 14: processus de traitement de questionnaire (Wiame Ech-chelfi and El Hammoumi, 2019)**

Afin de collecter des données, nous avons distribué un questionnaire à 30 entreprises utilisant le transport routier pour la distribution de leurs produits. La méthode du questionnaire semble la plus sensible car les réponses doivent être précises et claires. Cette méthode a été choisie parce qu'elle permet de mieux comprendre les pratiques réelles des entreprises en matière de transport. Pour cela nous avons pris en compte les entreprises utilisatrices de mode routier pour compte propre ou d'autrui afin d'évaluer au mieux leur engagement environnemental. Parmi les questions posées nous citons.

- **Q1: Combien d'envois par semaine en camion (semi-remorque ou tracteur ou les deux)? en camionnette ?**
- **Q2: Faites-vous la sous-traitance des moyens de transport?**
- **Q3: Êtes-vous satisfaits des différentes prestations logistiques en terme de: service, sécurité, coût et délai?**
- **Q4: Votre entreprise est-elle engagée dans un processus de certification 14001?**

Le but de **Q1** est de savoir la fréquence d'utilisation de TRM, qui se considère parmi les modes les plus polluants et à quel point les entreprises utilisatrices de ce mode sont conscientes des standards de gestion de risque.

La question **Q2** porte comme objectif l'analyse de niveau de collaboration entre l'entreprise et les prestataires de transport et si l'entreprise est consciente de la stratégie de sous-traitance comme une solution de minimisation des charges ou non. La question **Q3** nous montre le niveau des attentes des entreprises enquêtées en matière des facteurs de création de valeur (qualité, coût, délai et sécurité) ainsi le pourcentage enregistré des entreprises qui priorisent la sécurité.

Finalement, la question **Q4** sur la certification ISO 14001 permet aux acteurs socioéconomiques d'évaluer leurs activités vis-à-vis de l'environnement, de mettre en œuvre et de démontrer leur



## II. Données et méthodologie

---

engagement pour sa protection. Atteindre un équilibre entre l'environnement, la société et l'économie s'avère essentiel pour un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs (Martins and Fonseca, 2018).

Cela conduit les organismes à adopter une approche systématique de management environnemental dont le but est de contribuer au pilier environnemental du développement durable. Le but de la présente norme ISO 14001:2015, est de fournir un cadre aux organismes afin de protéger l'environnement et de répondre à l'évolution des conditions environnementales en tenant compte des besoins socioéconomiques. Elle spécifie des exigences permettant à un organisme d'obtenir les résultats escomptés qu'elle a fixés pour son système de management environnemental.

Selon Potoski et Prakash (2005), la promesse d'ISO 14001 est que si une organisation participante adhère aux exigences de la norme, elle aura plus de chances de réduire ses impacts environnementaux par rapport aux organisations non participantes. Afin de comprendre le rôle d'ISO 14001 dans les pratiques environnementales dans les chaînes logistiques, il y a plusieurs méthodes, nous avons choisi la méthode du questionnaire qui s'avère plus pratique pour évaluer l'engagement des entreprises dans l'approche environnementale, parmi Les questions posées aux entreprises nous pouvons citer:

- L'entreprise est-elle certifiée ISO 14001?
- Quel type d'exigences environnementales recevez-vous de vos clients et quelles méthodes les clients utilisent-ils pour contrôler le respect de ces exigences?
- Quel type d'exigences environnementales présentez-vous à vos fournisseurs et quelles méthodes votre entreprise utilise-t-elle pour contrôler le respect de ces exigences?

Des statistiques descriptives telles que les fréquences (fi), les pourcentages(%), les moyennes(m) et les écarts-types( $\sigma$ ) ont été utilisées pour décrire les caractéristiques de l'échantillon et résumer les variables de l'étude. Guidées par la théorie cognitive sociale et les études empiriques pertinentes (Bandura, 1986), nous avons d'abord examiné les associations entre ces variables d'étude. Nous y sommes parvenues en exploitant la corrélation de Pearson et la contribution relative de chaque groupe de variables afin d'expliquer la variable dépendante et la variable indépendante mais également de mesurer le coefficient de corrélation.

Une analyse de régression hiérarchique a ensuite été utilisée pour identifier les corrélations significatives entre la question traitant la taille de l'entreprise, la question sur la prévention au risque de transport routier de marchandises et la question liée à la certification ISO 14001.

### II.2.3. Indicateurs statistiques utilisés

#### II.2.3.1. Coefficient de Pearson

Selon Sà, le coefficient de corrélation de Pearson est un indicateur statistique qui mesure la force d'une relation linéaire entre des données appariées.

Il est noté par **r** et compris entre **-1** et **1** comme suit (2007)

$$-1 \leq r \leq 1$$

En outre :

- Les valeurs positives désignent une corrélation linéaire positive;
- Les valeurs négatives désignent une corrélation linéaire négative opposée;
- Une valeur de 0 ne correspond à aucune corrélation linéaire;
- Plus la valeur est proche de 1 ou -1, plus la corrélation linéaire est forte.

Le coefficient de corrélation de Pearson est le plus largement utilisé, il mesure la force de la relation linéaire entre les variables normalement distribuées. Lorsque les variables ne sont pas distribuées normalement ou que la relation entre les variables n'est pas linéaire, il vaut mieux utiliser la méthode de corrélation de rang de Spearman.

#### II.2.3.2. Rho de Spearman

Kendall's tau-b et Spearman : ces tests sont des mesures non paramétriques, il est l'équivalent au coefficient de corrélation de Pearson, cette statistique doit être sélectionnée lorsque les données sont ordinales ou lorsque les hypothèses pour le coefficient de corrélation de Pearson sont nettement violées (Laurencelle, 2009).

Le coefficient est souvent désigné par la lettre grecque **ρ (rho)** et appelé rho de Spearman, étant donné que **ρ** est également utilisé pour le coefficient de corrélation dans les distributions de la normale bi variée (estimé par le coefficient de Pearson **r**) afin d'éviter toute confusion, on note une estimation du coefficient de Spearman par  $r_s$  et la valeur de la population correspondante par  $\rho_s$  suite à la notation de Sprent et Smeeton (2001).

Selon Leech et al., (2005) les tests (par exemple, Chi-deux, Mann-Whitney U, Spearman rho) ont moins d'hypothèses et peuvent souvent être utilisés lorsque les hypothèses d'un test paramétrique sont violées. Par exemple, ils ne nécessitent pas une distribution normale des variables ou une homogénéité des variances.

## II. Données et méthodologie

---

### II.2.3.3. Indicateur R

Selon John et al., (2016) le coefficient de corrélation multiple est, par convention, la racine carrée positive de R-deux, Les corrélations multiples sont également interprétables comme la simple corrélation entre les valeurs Y ajustées et observées, qui est:  $r_{\hat{y}y}$ .

### II.2.3.4. R-deux

Selon Xiao et al., (2012), le R-deux est une mesure statistique avec une valeur comprise entre 0 et 1, qui indique dans quelle mesure une droite de régression se rapproche des points de données réels, une valeur plus élevée du R-deux implique généralement un meilleur résultat prédit.

### II.2.3.5. R-deux ajusté

Le coefficient de détermination ajusté prend en considération le nombre des variables, le principal défaut de R-deux c'est que sa valeur augmente suite au nombre des variables explicatives, par contre nous savons que si le modèle adhère plusieurs variables cela diminue la robustesse du modèle étudié, c'est pour cela que nous nous intéressons à  $R^2$  ajusté qu'au  $R^2$ .

### II.2.3.6. Le test Fisher(F)

Selon Sá (2007), dans certains problèmes de comparaison à décrire ultérieurement, il faut décider si deux échantillons de données indépendants A et B, avec des variances d'échantillon  $\text{var}(A)$  et  $\text{var}(B)$  et une taille d'échantillon  $n_A$  et  $n_B$ , ont été obtenus à partir des populations normalement réparties avec même variance ou non.

### II.2.3.7. TEST T

T-TEST compare les moyennes des échantillons en calculant le t de Student et affiche la probabilité bilatérale de la différence entre les moyennes. Les statistiques sont disponibles pour un seul échantillon (testé par rapport à une valeur spécifiée), des échantillons indépendants (différents groupes de cas) ou des échantillons appariés (différentes variables) Leech et al.,(2005).

Selon le même principe, Forza définit le test T comme un indicateur qui mesure la différence des moyennes d'une variable spécifique pour deux groupes, les groupes peuvent être soit deux groupes différents, soit le même groupe avant et après le traitement(2002)

### II.2.3.8. Tau-B de Kendall

Selon Laurencelle les variables catégorielles, qu'on désigne parfois « qualitatives », apparaissent principalement dans les données d'enquête et de sondage : épidémiologie, enquête de consommation, opinion ménages ou public, et en général le traitement passe par le progiciel SPSS (2009).

Tau de Kendall-b ( $\tau_b$ ) de coefficient de corrélation (tau de Kendall-b, pour faire court) est une mesure non paramétrique de la force et la direction d'association qui existe entre deux grandeurs de

mesure sur au moins une échelle ordinale. Dans ce chapitre nous avons choisi d'étudier la corrélation entre les différentes questions à l'aide de l'indicateur Tau-B de Kendall le plus adapté à notre questionnaire.

#### II.2.3.9. ANOVA

L'analyse de la variance ANOVA est utilisée pour une variable à réponse continue et des variables explicatives qualitatives ou quantitatives (facteurs). Selon Dobson, c'est un indicateur qui permet de comparer les moyennes d'échantillon (2002).

Après reformulation de deux hypothèses  $H_0$  et  $H_1$ , ANOVA permet de rejeter ou non l'hypothèse nulle et donc de prendre une décision quant à la valeur de cette hypothèse (est-elle vraie ou fausse ?).

#### II.2.3.10. Régression linéaire simple

Après avoir déterminé la relation entre deux variables, il s'avère utile de développer une équation de la droite ayant le meilleur ajustement possible (en termes de moindre carrés) au nuage de points. En régression nous devons déterminer la variable explicative et la variable à expliquer, elles peuvent être représentées comme ce qui suit :

$$Y_i = Ax_i + B + \varepsilon_i$$

Où  $Y_i$  : est la  $i$ ème observation de la variable à expliquer.

$x_i$  : est l' $i$ ème observation de la variable explicative.

$\varepsilon_i$  est le résidu entre la droite prédite et la valeur réelle mesurée ( $Y_i$ ).

A et B assurent le meilleur ajustement selon la méthode de moindre carrée.

#### II.2.3.11. Régression linéaire multiple

Dans la régression linéaire multiple, il y a l'estimation de la variable Y en fonction de plusieurs variables X, soit une variable Y liée à n variables X par le modèle linéaire suivant:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_n X_n + \varepsilon \quad (7)$$

Les valeurs des coefficients  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  sont estimées de façon à minimiser l'erreur  $\varepsilon$  commise.

### III. Résultat et discussion

#### III.1. Caractéristiques de l'échantillon

Les informations collectées ne concernent qu'une fraction de la population étudiée, dénommée «échantillon», l'échantillon doit être soigneusement choisi de manière à rendre les résultats généralisables à la population étudiée.

Au-delà de la méthode de sélection, la taille de l'échantillon est un élément critique dans le cadre de la constitution des échantillons. La détermination de la taille de l'échantillon consiste à estimer la

### III. Résultat et discussion

---

taille minimale requise pour obtenir des résultats avec un degré de confiance satisfaisant. Pour les traitements quantitatifs des données, la taille permet d'atteindre le degré de précision ou le seuil de signification souhaité, mais en général, plus l'échantillon est grand, plus la confiance accordée aux résultats est reconnue.

La petite taille des échantillons pose des problèmes pour toute analyse statistique et se traduit par une diminution du potentiel de prédiction par rapport aux modèles développés avec plus d'occurrences Stockwell et Peterson (2002). Mais Selon Forza (2002) et Synodinos (2003), le choix de l'échantillon et la sélection des personnes interrogées sont des conditions indispensables à la réussite d'une enquête.

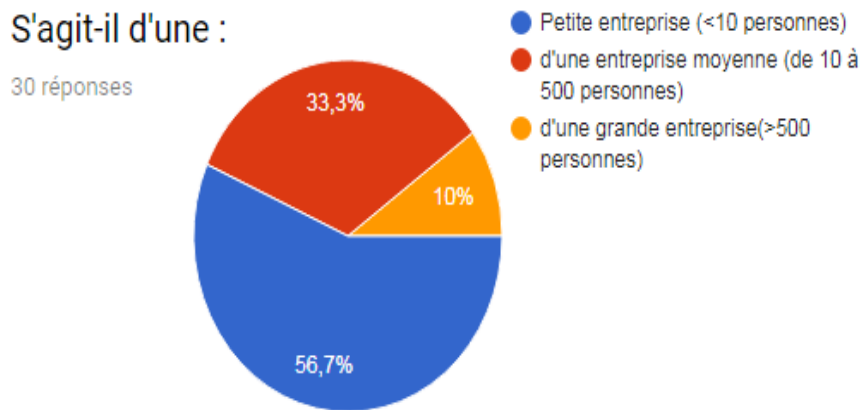
Pour cela, dans notre échantillon choisi nous avons ciblé particulièrement les entreprises utilisatrices de transport dans leurs activités pour avoir moins de réponses dispersées. Le questionnaire est divisé en quatre sections principales :

- Les informations sur l'entreprise.
- L'activité de l'entreprise et son extension.
- Le mode de transport le plus utilisé.
- La vision environnementale de l'entreprise.

#### III.2. États des lieux des entreprises enquêtées

Dans cet axe, nous allons essayer à travers une étude descriptive de faire un état des entreprises enquêtées, ceci a pour objectif, dans un premier lieu, de mettre en lumière ses caractéristiques et dans un deuxième lieu, de mettre le point sur les activités telles qu'elles sont pratiquées par les entreprises de notre échantillon.

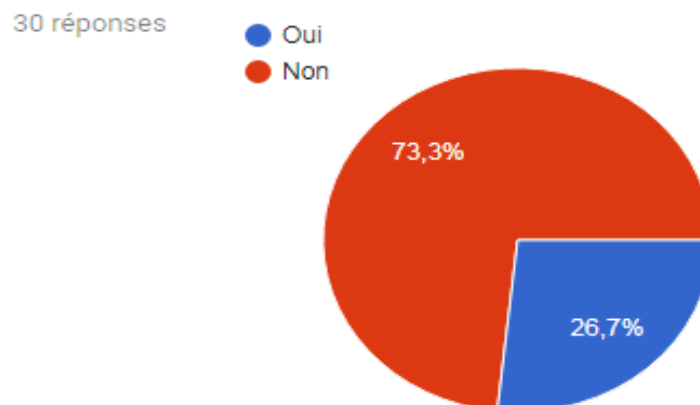
L'effectif est reconnu parmi les paramètres quantitatifs les plus utilisés afin de mesurer la taille d'une entité, à partir des données recueillies auprès de 30 entreprises, une analyse rapide, permet de constater que les petites entreprises de moins de 10 personnes présentent 56,7% des entreprises interrogées figure 15, avec un taux faible de 26,7% des entreprises appartenant à un groupe et qui peuvent travailler en relation coopérative avec d'autres industries, figure 16.



**Figure 15: La taille d'entreprise des répondants**

L'objectif derrière la question d'appartenance figure 16, est de savoir à quel niveau notre échantillon présente une vision de la chaîne intégrée, le fait d'être rattaché à une autre entreprise permet une plus forte maîtrise des activités par les spécialistes, ainsi la fonction transport se situe sur le même plan stratégique que les autres fonctions transversales de l'entreprise.

### L'entreprise appartient-elle à un groupe?



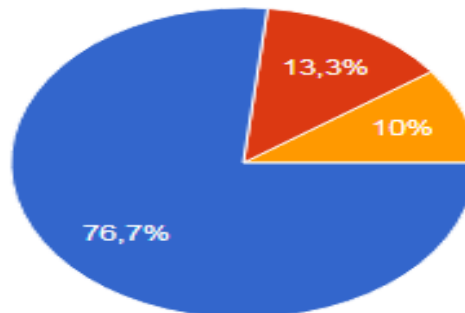
**Figure 16: l'appartenance des entreprises**

Selon la figure 17, les modes de transport utilisés sont diversifiés avec un pourcentage élevé de 76,7% de transport routier de marchandises, ce qui répond parfaitement à nos critères de départ. Ce constat permet de confirmer que les entreprises marocaines sont conscientes de l'intérêt de transport routier mais en contrepartie la figure 18 montre que 83,3% des entreprises interrogées, elles ne sont pas engagées dans le processus de certification ISO 14001 lié à la responsabilité environnementale.

#### Quel(s) mode(s) de transport utilisé(s) souvent pour le transport de vos marchandises?

30 réponses

- Routier
- Maritime
- Aérien
- Ferroviaire



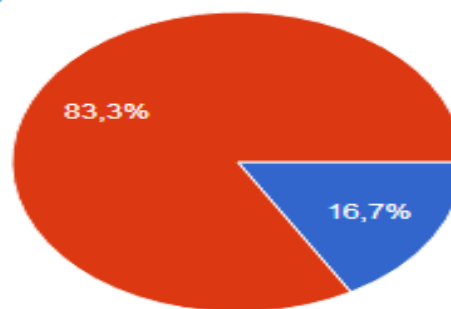
**Figure 18: le choix des modes de transport**

#### Votre entreprise est-elle engagée dans un processus de certification 14001?

14001?

30 réponses

- Oui
- Non



**Figure 17: Certification 14001 des répondants**

L'administration des réponses de questionnaire se fait à l'aide de logiciel SPSS 25 dont nous avons appliqué: des statistiques descriptives telles que les fréquences, les pourcentages, les moyennes et les écarts-types qui ont été utilisés pour décrire les caractéristiques de l'échantillon et pour résumer les variables de l'étude, ainsi des tests de corrélation et de la régression linéaire simple non paramétrique pour mesurer la dépendance et l'indépendance entre ces variables.

A partir des données recueillies auprès des 30 entreprises, 23 d'entre elles représentent des sociétés à responsabilités limitées devant 4 sociétés anonymes (Tableau12). Notre préférence par la SARL s'explique d'abord par le fait que ces entités présentent mieux le statut des entreprises marocaines.

Les secteurs d'activité sont diversifiés (Tableau 14) ceux qui répondent parfaitement à nos critères, nous situons à leur tête « Industrie » avec 43,3% suivis par «commerce» avec 40%, ainsi «les autres» avec 13,3%. Cette hétérogénéité des entreprises sans doute un terrain riche pour rendre crédible les résultats de notre recherche.

**Tableau 12: Forme juridique**

		<b>F<sub>i</sub></b>	<b>%</b>	<b>% valide</b>	<b>% cumulé</b>
Valide	SARL	23	76,7	76,7	76,7
	SA	4	13,3	13,3	90,0
	SAS	1	3,3	3,3	93,3
	AUTRE	2	6,7	6,7	100,0
	TOTAL	30	100,0	100,0	

**Tableau 13: Taille des entreprises**

		<b>F<sub>i</sub></b>	<b>%</b>	<b>% valide</b>	<b>% cumulé</b>
Valide	PETITE	17	56,7	56,7	56,7
	MOYENNE	10	33,3	33,3	90,0
	GRANDE	3	10,0	10,0	100,0
	TOTAL	30	100,0	100,0	

- Dans quels secteurs d'activités l'entreprise exerce-t-elle (industrie, commerce, artisanat,...)?

**Tableau 14: secteur d'activité des entreprises enquêtées**

		<b>F<sub>i</sub></b>	<b>%</b>	<b>% valide</b>	<b>% cumulé</b>
Valide	Industrie	13	43,3	43,3	43,3
	Commerce	12	40,0	40,0	83,3
	Artisanat	1	3,3	3,3	86,7
	Autre	4	13,3	13,3	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

- Quel(s) mode(s) de transport utilisé(s) souvent pour le transport de vos marchandises?

**Tableau 15: Mode du Transport**



### III. Résultat et discussion

		$F_i$	%	% valide	% cumulé
Valide	Routier	23	76,7	76,7	76,7
	Maritime	4	13,3	13,3	90,0
	Aérien	3	10,0	10,0	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

➤ **Faites-vous la sous-traitance des moyens de transport?**

**Tableau 16: Sous-traitance**

		$F_i$	%	% valide	% cumulé
Valide	Oui	19	63,3	63,3	63,3
	Non	11	36,7	36,7	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

➤ **Etes-vous satisfaits des différentes prestations logistiques en termes de?**

**Tableau 17: Satisfaction**

		$F_i$	%	% valide	% cumulé
Valide	Service	12	40,0	40,0	40,0
	Sécurité	4	13,3	13,3	53,3
	cout	10	33,3	33,3	86,7
	Délai	4	13,3	13,3	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

➤ **Combien d'envois par semaine en camion (semi-remorque ou tracteur ou les deux)? En camionnette?**

**Tableau 18: Nombre d'envoi**

		$F_i$	%	% valide	% cumulé
Valide	0	4	13,3	13,3	13,3
	1	5	16,7	16,7	30,0
	2	3	10,0	10,0	40,0

3	6	20,0	20,0	60,0
4	3	10,0	10,0	70,0
5	3	10,0	10,0	80,0
7	2	6,7	6,7	86,7
10	2	6,7	6,7	93,3
20	2	6,7	6,7	100,0
Total	30	100,0	100,0	

- **Y a-t-il une analyse du risque de transport routier de marchandises déjà faite au sein de l'entreprise?**

**Tableau 19: Analyse risque**

		<b>F<sub>i</sub></b>	<b>%</b>	<b>% valide</b>	<b>% cumulé</b>
Valide	Oui	10	33,3	33,3	33,3
	Non	20	66,7	66,7	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

- **Les personnels de votre entreprise sont-ils formés à la prévention du risque routier?**

**Tableau 20: Prévention des risques**

		<b>F<sub>i</sub></b>	<b>%</b>	<b>% valide</b>	<b>% cumulé</b>
Valide	Oui	14	46,7	46,7	46,7
	Non	16	53,3	53,3	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

- **Votre entreprise est-elle engagée dans un processus de certification 14001?**

**Tableau 21: Certification 14001**

		<b>F<sub>i</sub></b>	<b>%</b>	<b>% valide</b>	<b>% cumulé</b>
Valide	Oui	5	16,7	17,2	17,2
	Non	24	80,0	82,8	100,0
	Total	29	96,7	100,0	
Manquant	Système	1	3,3		

### III. Résultat et discussion

Total	30	100,0		
-------	----	-------	--	--

- **Dans quelle mesure le transport et l'organisation logistique sont-ils inclus dans la démarche de certification ISO 14001 ?**

**Tableau 22: Mesure14001**

	<b>F<sub>i</sub></b>	<b>%</b>	<b>% valide</b>	<b>% cumulé</b>
Valide		24	80,0	80,0
	Aucun	1	3,3	83,3
	En cours d'étude	1	3,3	86,7
	Les prestataires sont certifiés	1	3,3	90,0
	Minimisation des émissions CO <sub>2</sub>	1	3,3	93,3
	Minimiser les risques et pertes marchandise	1	3,3	96,7
	Sécurité et délai de livraison	1	3,3	100,0
	Total	30	100,0	100,0

En fonction de la revue de la littérature effectuée et les réponses collectées à partir de notre échantillon test, la variable retenue dans cette recherche concerne l'adoption ou la non adoption de la responsabilité environnementale. Cette variable est mesurée par la question caractérisée dans le tableau 21, les réponses à cette question aboutissent à une variable dichotomique (oui/non). Ce retraitement aboutit à un partage entre les entreprises conscientes de la certification ISO14001 et celle qui ne l'adoptent pas. Donc à partir de cette enquête nous remarquons qu'il y a 6 entreprises qui confirment leur engagement en matière de responsabilité environnementale contre 24 entreprises qui ne la pratiquent pas.

#### III.3. Analyse de la corrélation non paramétrique

Les statistiques les plus fréquemment utilisées pour tester l'association des variables sont les coefficients de corrélation de Bravais-Pearson (paramétrique) et de Spearman (non paramétrique). Le coefficient de corrélation de Spearman ( $r_s$ ) est généralement adopté lorsque l'hypothèse de la distribution normale à deux variables n'est pas tenable Artusi et al., (2002).

Spearman est l'une des plus anciennes et des plus connues des procédures non paramétriques Zar (1972), le coefficient de corrélation de rang ( $\rho_s$ ) est généralement exprimé comme suit :

$$r_s = 1 - 6 \sum d^2 / (n^3 - n) \quad (8)$$

Où  $n$  est le nombre de mesures dans chacune des deux variables de la corrélation  $\sum d^2 = \sum_{i=1}^n d_i^2$ , et  $d_i$  est la différence entre les deux mesures pour les deux variables.

Le logiciel SPSS Statistique génère le tableau 23, contenant l'analyse de la corrélation des variables de notre questionnaire à travers le test tau-b de Kendall ( $\tau_b$ ) et Rho de Spearman  $r_s$ .

L'analyse de corrélation a pour but de mesurer et d'interpréter la force d'une relation linéaire ou non linéaire (par exemple, exponentielle, polynomiale et logistique) entre deux variables continues (Zou et al., 2003).

Les résultats sont présentés dans une matrice avec des corrélations non répliquées. Néanmoins, le tableau 23 présente la corrélation tau-b de Kendall, sa valeur de signification et la taille de l'échantillon sur laquelle le calcul a été basé. Dans notre analyse, pour les deux variables, analyse de risque (AR) et prévention de risque (PR), nous pouvons voir que le coefficient de corrélation tau-b de Kendall, ( $\tau_b$ ), est de 0,472\*\*, ce qui est statistiquement significatif avec Sig. (Unilatéral) ( $p$ ) = 0,005).

La taille de l'entreprise et le nombre d'envoi de la marchandise par semaine étaient corrélés avec un Rho de Spearman=0,164, de même le secteur d'activité de l'entreprise a une relation moyenne avec la certification et la connaissance de standards ISO 14001 avec un Rho de Spearman=0,206, également la prévention de risque est bien liée aux variables nombre d'envoi, forme juridique, appartenance et secteur d'activité.

### III. Résultat et discussion

Tableau 23: Corrélations inter-questions (Ech-Chelfi and El Hammoui, 2019)

		Taille	Nombre envoi	Forme juridique	Appartenance	Secteur activité	Secteur client	Marché	Mode Transport	Sous traitance	Satisfaction	Conditionnement	Analyse risque	Prevention risque	Certification 14001	
Tau-B de Kendall	Taille	Coefficient de corrélation	1,000	0,137	0,301*	-0,400*	-0,303*	-0,037	0,337*	0,336*	-0,153	0,150	-0,346*	-0,196	-0,308*	-0,308*
		Sig. (unilatéral)	.	0,189	0,042	0,013	0,037	0,411	0,024	0,027	0,197	0,183	0,018	0,137	0,043	0,046
	Nombre envoi	Coefficient de corrélation		1,000	0,275*	0,030	-0,206	-0,357**	-0,071	0,196	-0,255	0,134	-0,176	-0,043	0,098	-0,128
		Sig. (unilatéral)		.	0,039	0,425	0,088	0,008	0,322	0,106	0,056	0,184	0,118	0,395	0,272	0,216
	Forme juridique	Coefficient de corrélation			1,000	-0,325*	-0,067	0,039	-0,005	0,172	-0,078	0,158	-0,242	-0,086	0,061	-0,155
		Sig. (unilatéral)			.	0,035	0,347	0,407	0,489	0,162	0,331	0,171	0,072	0,317	0,368	0,198
	Appartenance	Coefficient de corrélation				1,000	0,272	0,087	-0,498**	-0,224	0,146	-0,145	0,211	0,213	0,040	0,127
		Sig. (unilatéral)				.	0,061	0,306	0,002	0,108	0,216	0,200	0,108	0,125	0,414	0,251
	Secteur activité	Coefficient de corrélation					1,000	0,066	-0,421**	-0,108	0,172	-0,097	0,342*	0,163	0,135	0,206
		Sig. (unilatéral)					.	0,343	0,006	0,264	0,164	0,276	0,017	0,177	0,222	0,124
	Secteur client	Coefficient de corrélation						1,000	0,015	-0,121	0,068	-0,125	-0,115	-0,222	-0,212	0,143
		Sig. (unilatéral)						.	0,464	0,235	0,346	0,216	0,235	0,099	0,109	0,207
	Marché	Coefficient de corrélation							1,000	0,439**	-0,180	-0,036	-0,174	-0,036	-0,170	0,154
		Sig. (unilatéral)							.	0,005	0,153	0,413	0,141	0,419	0,167	0,194
	Mode transport	Coefficient de corrélation								1,000	-0,226	-0,155	-0,235	-0,134	-0,259	-0,170
		Sig. (unilatéral)								.	0,105	0,178	0,079	0,228	0,076	0,177
	Sous traitance	Coefficient de corrélation									1,000	0,047	0,613**	0,245	0,157	-0,245
		Sig. (unilatéral)									.	0,392	0,000	0,094	0,199	0,097
	Satisfaction	Coefficient de corrélation										1,000	0,055	-0,168	-0,121	-0,254
		Sig. (unilatéral)										.	0,364	0,164	0,241	0,075
Conditionnement	Coefficient de corrélation											1,000	0,198	0,053	0,048	
	Sig. (unilatéral)											.	0,123	0,377	0,391	
Analyse risque	Coefficient de corrélation												1,000	0,472**	0,053	
	Sig. (unilatéral)												.	0,005	0,390	
Prévention risque	Coefficient de corrélation													1,000	0,107	
	Sig. (unilatéral)													.	0,285	
Certification 14001	Coefficient de corrélation														1,000	
	Sig. (unilatéral)														.	

CHAPITRE 3: LA PRATIQUE DE L'APPROCHE ENVIRONNEMENTALE DANS LES ENTREPRISES MAROCAINES

		Taille	Nombre envoi	Forme juridique	Appartenance	Secteur activité	Secteur client	Marché	Mode Transport	Sous traitance	Satisfaction	Conditionnement	Analyse risque	Prévention risque	Certification 14001	
Rho de Spearman	Taille	Coefficient de corrélation	1,000	0,164	0,309*	-0,414*	-0,333*	-0,058	0,371*	0,355*	-0,158	0,164	-0,389*	-0,203	-0,319*	-0,319*
		Sig. (unilatéral)	.	0,193	0,048	0,011	0,036	0,382	0,022	0,027	0,202	0,193	0,017	0,141	0,043	0,046
	Nombre envoi	Coefficient de corrélation		1,000	0,320*	0,035	-0,259	-0,436**	-0,077	0,237	-0,294	0,176	-0,256	-0,049	0,113	-0,148
		Sig. (unilatéral)		.	0,042	0,427	0,084	0,009	0,344	0,103	0,057	0,176	0,086	0,398	0,276	0,221
	Forme juridique	Coefficient de corrélation			1,000	-0,336*	-0,077	0,048	-0,006	0,184	-0,081	0,176	-0,286	-0,088	0,063	-0,160
		Sig. (unilatéral)			.	0,035	0,344	0,402	0,488	0,165	0,335	0,176	0,063	0,321	0,371	0,203
	Appartenance	Coefficient de corrélation				1,000	0,288	0,096	-0,526**	-0,230	0,146	-0,156	0,229	0,213	0,040	0,127
		Sig. (unilatéral)				.	0,062	0,310	0,001	0,111	0,221	0,204	0,111	0,129	0,416	0,256
	Secteur activité	Coefficient de corrélation					1,000	0,109	-0,476**	-0,113	0,182	-0,102	0,368*	0,172	0,142	0,218
		Sig. (unilatéral)					.	0,287	0,004	0,276	0,168	0,296	0,023	0,181	0,227	0,128
	Secteur client	Coefficient de corrélation						1,000	0,022	-0,138	0,075	-0,166	-0,108	-0,244	-0,233	0,157
		Sig. (unilatéral)						.	0,456	0,237	0,349	0,195	0,288	0,101	0,112	0,212
	Marché	Coefficient de corrélation							1,000	0,465**	-0,190	-0,048	-0,219	-0,038	-0,179	0,163
		Sig. (unilatéral)							.	0,005	0,157	0,400	0,123	0,421	0,171	0,199
	Mode transport	Coefficient de corrélation								1,000	-0,232	-0,166	-0,270	-0,138	-0,266	-0,175
		Sig. (unilatéral)								.	0,108	0,191	0,075	0,233	0,077	0,182
Sous traitance	Coefficient de corrélation									1,000	0,051	0,666**	0,245	0,157	-0,245	
	Sig. (unilatéral)									.	0,395	0,000	0,096	0,203	0,100	
Satisfaction	Coefficient de corrélation										1,000	0,084	-0,181	-0,131	-0,272	
	Sig. (unilatéral)										.	0,329	0,169	0,246	0,076	
Conditionnement	Coefficient de corrélation											1,000	0,215	0,058	0,052	
	Sig. (unilatéral)											.	0,127	0,380	0,394	
Analyse risque	Coefficient de corrélation												1,000	0,472**	0,053	
	Sig. (unilatéral)												.	0,004	0,392	
Prévention risque	Coefficient de corrélation													1,000	0,107	
	Sig. (unilatéral)													.	0,290	
Certification 14001	Coefficient de corrélation														1,000	
	Sig. (unilatéral)														.	

\*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (unilatéral). \*\*. La corrélation est significative au niveau 0.01 (unilatéral).

### III. Résultat et discussion

#### III.4. Analyse de régression linéaire à l'aide de SPSS

L'analyse de régression simple a pour objectif d'évaluer l'impact relatif d'une variable prédictive sur un résultat donné. Ceci est différent d'une analyse de corrélation, où le but est d'examiner la force et la direction de la relation entre deux variables aléatoires Zou et al., (2003). Ainsi nous appliquons la régression linéaire simple sur deux questions importantes:

**Q1 : y a-t-il une analyse du risque de transport routier de marchandises déjà faite au sein de l'entreprise ?**

**Q2 : les personnels de votre entreprise sont-ils formés à la prévention du risque routier ?**

La régression linéaire simple a été effectuée pour identifier les corrélats entre la démarche de l'entreprise dans l'analyse de risque et la sensibilisation des personnels à travers des formations. Pour traiter l'analyse de la régression simple sur ces deux questions, il y a deux hypothèses à supposer :

- **hypothèse H<sub>0</sub>** : il n'existe aucune relation entre l'analyse de risque de TRM et la formation des personnels sur la prévention de risque
- **Hypothèse H<sub>1</sub>** : il existe une relation significative entre les deux variables.

**Tableau 24: Variables introduites/éliminées**

Modèle	Variables introduites	Variables éliminées	Méthode
1	Analyse risque <sup>b</sup>	.	Introduire

a. Variable dépendante : prévention risque

b. Toutes les variables demandées ont été introduites.

**Tableau 25: Récapitulatif des modèles**

Modèle	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation	Modifier les statistiques				
					Variation de R-deux	Variation de F	ddl1	ddl2	Sig. Variation de F
1	0,472 <sup>a</sup>	0,223	0,195	0,455	0,223	8,046	1	28	0,008

a. Prédicteurs : (Constante), Analyse risque

b. Variable dépendante : prévention risque

**Tableau 26: ANOVAa**

Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
1	Régression	1,667	1,667	8,046	0,008 <sup>b</sup>

	de Student	5,800	28	0,207		
	Total	7,467	29			

- a. variable dépendante : prévention risque
- b. prédicteurs : (constante), Analyse risque

**Tableau 27: Coefficients**

Modèle		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
		B	Erreur standard	Bêta		
1	(Constante)	0,700	0,305		2,293	0,030
	Analyse_risque	0,500	0,176	0,472	2,837	0,008
a. Variable dépendante : Prevention_risque						

Le tableau 24 indique la variable indépendante (analyse de risque) et la variable dépendante (la formation de la prévention contre les risques). Dans le tableau 25, il y a deux valeurs importantes: le modèle de la régression  $R= 0.472$ (coefficient de corrélation) et  $R^2=0.223(R*R)$ , ce qui montre qu'il y a une relation moyenne entre les deux variables.

L'analyse de la variance (ANOVA) présentée dans le tableau 26, est une procédure de test d'hypothèse qui vérifie si deux moyens ou plus sont significativement différents l'un de l'autre. C'est un outil largement répandu dans l'analyse des données expérimentales à partir d'expériences soigneusement conçues Lind (2006).

La statistique F est le rapport de la somme moyenne des carrés entre le modèle régression et modèle de student ( $1,667/ 0,207= 8,046$ ), également le tableau 27 contient trois valeurs importantes, il y a 0,7 qui exprime la constante B, ainsi 0.5 qui exprime la valeur de la pente pour la droite de régression  $y=Ax+ B$  si  $x=0$ ,  $B= 0,7$ .

Dans le même tableau nous avons un P-value= 0.008 < 0.05 ce qui valide la deuxième hypothèse  $H_1$ , c'est-à-dire qu'il existe une relation statistiquement significative entre l'analyse de risque de TRM et la formation des personnels concernant la prévention de risque.



### IV. Conclusion

Ce chapitre est basé sur le résultat d'un questionnaire contenant un ensemble des questions envoyées à un échantillon sélectif d'entreprise. L'objectif est de savoir le mode de transport le plus utilisé pour les entreprises marocaines, et aussi d'analyser pour les différentes sociétés qui fonctionnent à l'échelle régional, local, national ou international leur niveau d'engagement dans l'approche environnementale et leur niveau d'adoption et d'application de standards de certification environnementale ISO 14001 des répondants.

Les résultats obtenus sont traités sur le logiciel statistique SPSS qui nous a permis de traduire et de traiter la corrélation et la régression entre les différentes variables. Les réponses obtenues étaient attendues, nous avons enregistré pour cet échantillon 66.7% des sociétés qui n'ont jamais fait une analyse de risque. 53.3% de ces sociétés ont confirmé qu'elles n'assurent pas des formations des personnels sur la prévention des risques de transport routier de marchandises. En interrogeant les sociétés sur leur engagement dans le processus de certification 14001, nous avons enregistré 83,3% pour celles qui n'ont pas d'idée sur le standard de certification 14001. Ces pourcentages montrent la négligence de plusieurs entreprises surtout marocaines de l'approche environnementale dans leur processus de développement et cela peut être parmi les grandes causes des accidents de la route.

Cette enquête nous a permis d'établir une étude de l'existant en matière de la prévention des risques de transport routier de marchandises et l'intégration de la certification ISO 14001 dans leur processus du développement. De plus, la synthèse des corrélations et de la régression inter-questions de l'enquête nous a permis d'établir une réflexion élargie autour du transport routier de marchandises des entreprises marocaines dans une approche aussi environnementale que sociale.

Ce chapitre fait l'objet d'un article indexé Scopus.

Ech-Chelfi, Wiame & El Hammoumi, Mohammed
The impact level of the environmental approach on moroccan industries: Case study.
<i>International Journal of Engineering Research and Technology</i> , 2019, 12(2), 3154.

## LA MODELISATION MULTI NIVEAUX DE LA CHAINE LOGISTIQUE

### I. Introduction

Après l'identification des facteurs et risques du transport routier de marchandises au Maroc et à l'international, le traitement de ces problèmes s'avère difficile. À ce titre, il importe d'identifier d'une part les facteurs impactant la consommation énergétique de la chaîne logistique et d'autres parts les indicateurs de performances les plus influencés par les décisions stratégiques de la supply chain.

Il est à rappeler que les entreprises butent sur différents problèmes décisionnels. Ces derniers sont liés à la politique de la supply chain. La nature non déterministe de l'environnement externe inspire l'utilisation des outils d'analyse pour évaluer la performance de leurs organisations et de répondre favorablement à leurs besoins appropriés. La variation du comportement humain conduit à un échange d'information accru entre les acteurs en terme de (commandes, prévisions, niveaux de stock, retards, etc.), afin d'étudier et d'analyser ces changements structurels et dynamiques, il est nécessaire de modéliser ces réseaux d'entreprises.

Une entreprise organisée est une entreprise qui maîtrise ses différents flux (informatiques, financiers et physiques) et qui intègre dans leur processus de productivité la notion de développement durable. Malheureusement plusieurs entreprises marocaines comme évoqué dans le chapitre précédent ne s'impliquent pas assez dans l'approche environnementale. C'est pour cette raison que ce chapitre entend lier l'organisation multi opération et multiniveau de l'entreprise à la consommation modérée de gasoil responsable d'émissions en CO<sub>2</sub> et sur les charges variables de l'entreprise.

## II. Modélisation organisationnelle d'une Supply Chain

### II.1. Description de la chaîne logistique

Modéliser une Supply Chain consiste à décrire sa structure et son fonctionnement afin d'améliorer ses performances et sa position concurrentielle. Les outils de modélisation mènent au développement des représentations abstraites du système sous forme discursive et graphique. Suite à l'article de Dolgui le domaine économique est parmi les domaines qui représentent un nombre important d'outils de modélisation vu l'effet lié à l'efficience et l'efficacité de la chaîne logistique (2006).

La modélisation est un processus de représentation qui permet d'obtenir une image approximative d'un système réel. Ce processus facilite l'étude et la compréhension des systèmes, la modélisation d'un système nécessite la définition de nombreuses hypothèses simplificatrices. Il n'est pas évident de décrire de manière identique l'environnement réel. C'est pour cela que plusieurs approches de modélisation sont utilisées pour décrire et analyser l'organisation.

Les approches de modélisation, qui découlent de la théorie de l'organisation, représentent l'organisation à partir de ses entités, activités, processus, fonctions, structures et comportements. La figure 19 est un exemple explicatif d'une chaîne logistique que nous avons développé afin de présenter l'ensemble des interactions entre les différentes opérations horizontales (approvisionnement, production et distribution...) et des opérations verticales (RH, Finances, Marketing...).

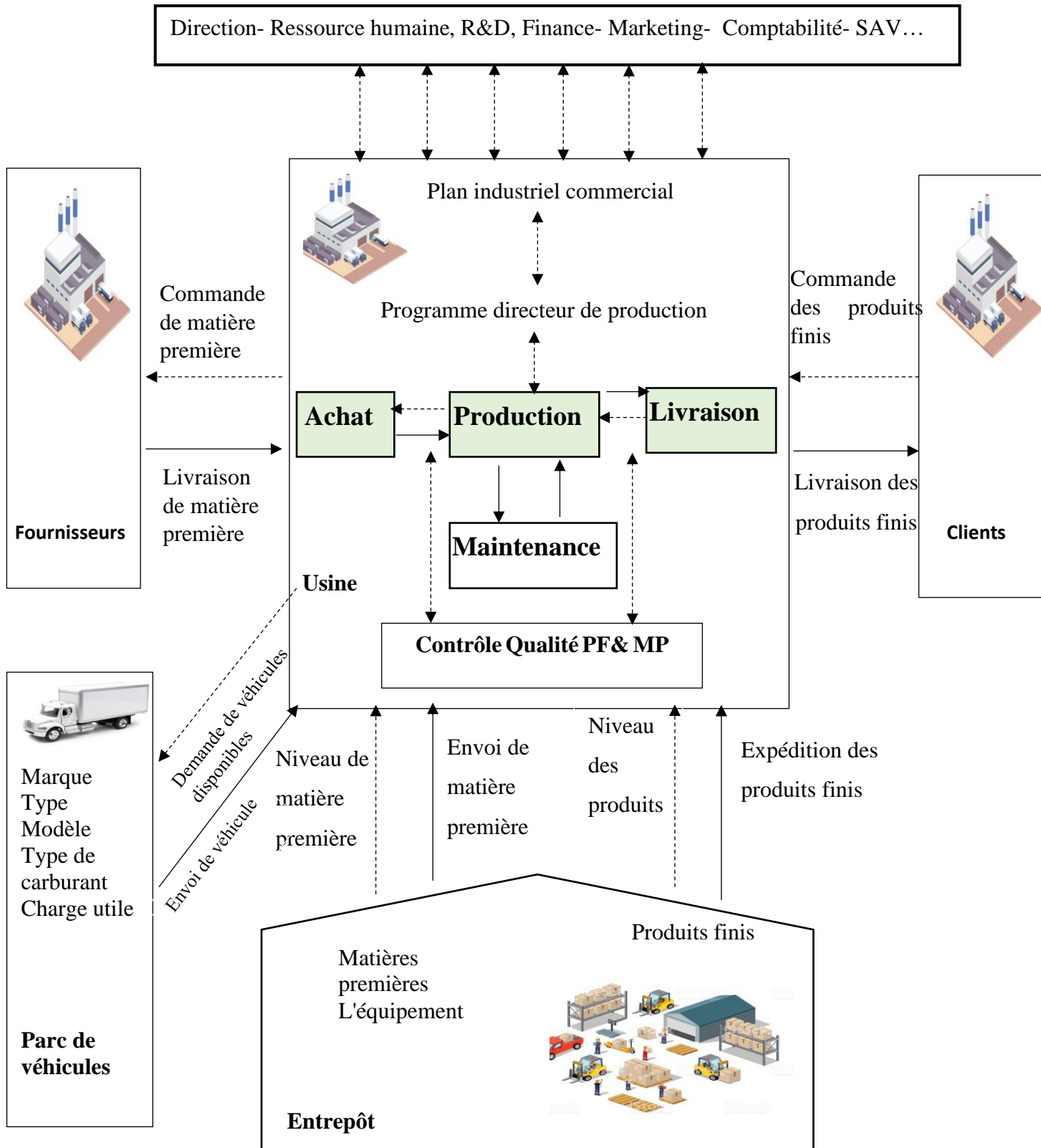


Figure 19:Présentation organisationnelle d'une chaîne logistique (Ech-chelfi and EL Hammoumi, 2017)

## II. Modélisation organisationnelle d'une Supply Chain

---

Il existe des nombreux modèles dits "organisationnels", décrits par Monteiro (2001) et Frayret(2003), que nous pouvons encadrer selon deux approches: les approches cartésiennes et les approches hétérarchiques.

### II.1.1. L'approche cartésienne

L'approche cartésienne est également appelée "structurée". Elle repose sur les techniques de décomposition descendante d'une fonction en sous-fonctions, jusqu'à atteindre un niveau de granularité suffisant pour appréhender la complexité d'un système selon Tardieu et al.,en (1984).

Cependant, cette approche prend peu en compte les interactions entre sous-systèmes. Parmi les formalismes les plus connus, nous présentons l'analyse structurée à la base de la conception "SADT" et l'analyse structurée en temps réel à la base de la conception "SA-RT":

#### II.1.1.1. La conception SADT

Les approches systémiques ont émergé dans les années 1980 face à la complexité croissante des organisations et de leurs environnements Moigne ( 1994), Benard et al.,( 2008) ont précisé que l'objectif de SADT (Structured Analysis Design Technique) est d'identifier et de modéliser, dans un diagramme des flux d'informations les processus de décision et les tâches de gestion associés aux systèmes complexes.

SADT comprend un langage graphique et une méthode d'utilisation de ce langage, elle peut être utilisée pour analyser des systèmes existants, mais également pour analyser les spécifications de conception de systèmes. Chaque diagramme SADT est composé de boîtes (représentant des activités) reliées par des flèches (représentant des flux de matériaux, de données ou d'informations), comme présenté dans la figure 20. Ce formalisme constitue un cadre dans lequel n'importe quel langage peut être intégré afin de représenter la hiérarchie d'un système complexe.

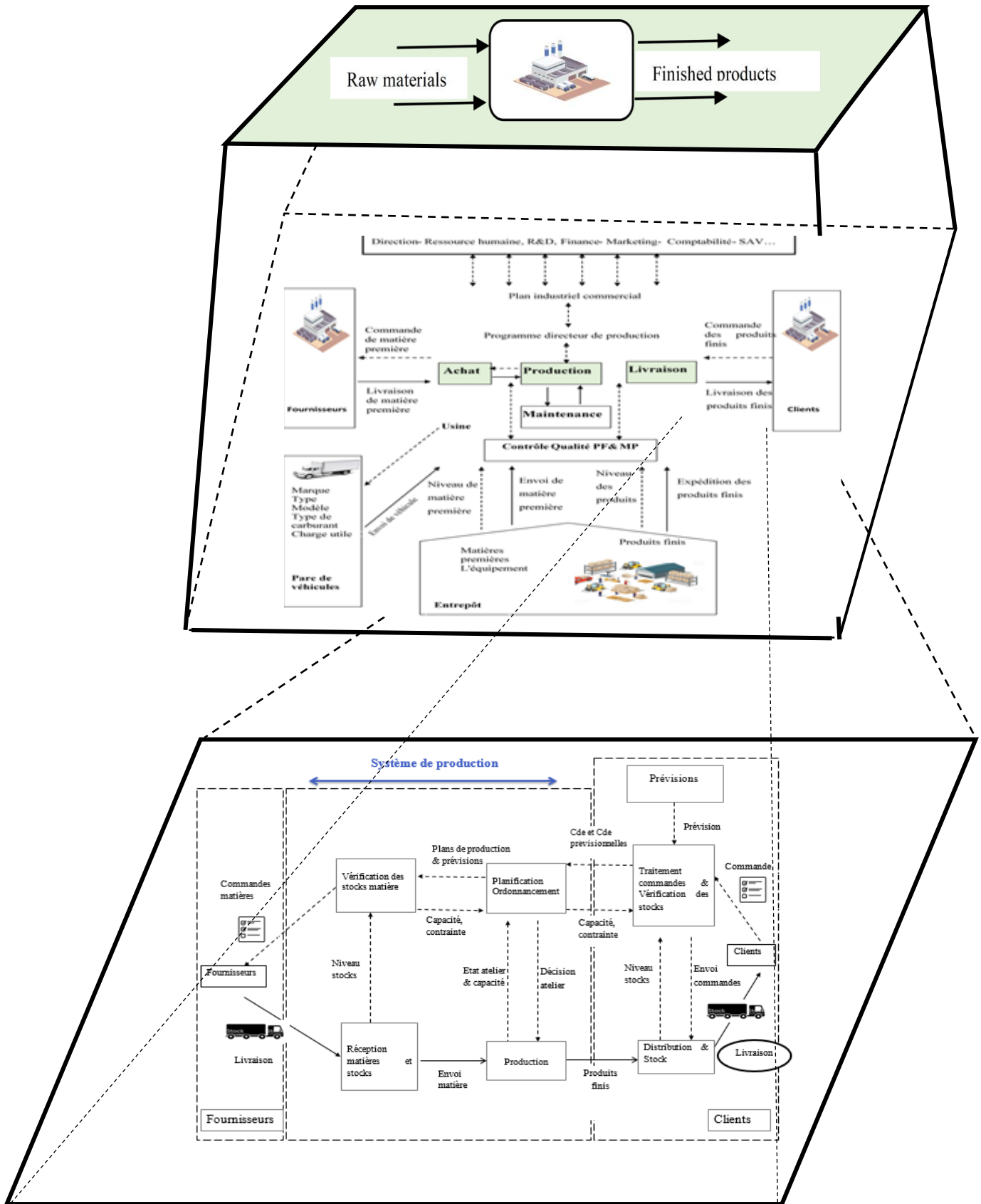


Figure 20: Le formalisme SADT (Wiame Ech-chelfi & EL Hammoumi, 2017)

## II. Modélisation organisationnelle d'une Supply Chain

---

### II.1.1.2. La conception SA-RT

La méthode SA-RT (Structured Analysis Real Time) est une méthode d'analyse fonctionnelle et opérationnelle, elle prend en compte l'aspect dynamique du système analysé, elle permet une description graphique et textuelle du système en termes de besoins, par contre ces dernières caractéristiques sont absentes dans la méthode SADT.

Selon Lakhoua et al., en (2018) SA-RT est parmi les modèles de spécification largement utilisés dans les applications de génie logiciel, il s'agit d'une méthode générique abordant à la fois l'analyse des systèmes et la conception des systèmes complexes en temps réel. Les diagrammes SA-RT traitent deux vues du système: une vue statique qui aide à la description structurelle et une vue dynamique qui assure la description comportementale.

SADT et SA-RT peuvent non seulement décrire correctement, de manière complète et cohérente un domaine entier mais aussi décrire ce domaine d'une manière riche et variée, à l'aide des compléments contextuels soigneusement conçus. De plus, les méthodes SADT et SA-RT ont été inventées pour la modélisation de domaines à usage général.

Contrairement à l'approche cartésienne qui se dissocie et se décompose il y a l'approche systémique présentée ci-dessous qui associe afin de prendre en compte la vision globale d'un problème.

### II.1.2. Approche hétérarchique (systémique)

La vision systémique représente l'évolution des architectures dans les systèmes de fabrication caractérisés par l'autonomie et l'interaction entre les composants Dilts et Boyd (1991). L'approche systémique décrit l'entreprise selon le triplé (structure, activité, évolution). Elle définit comment la structure est organisée. L'activité exprime ce que l'entreprise fait comme processus et opérations. Ainsi l'évolution décrit les changements observés sur le plan structurel, organisationnel et comportemental. Cependant, les approches hétérarchiques offrent une représentation statique de l'organisation du système, d'où la nécessité des outils d'analyse dynamiques.

Trentesaux propose quatre approches hétérarchiques qui seraient "l'approche basée sur les processus, l'approche holonique, les approches émergentes et l'approche multi-agents"( 2002).

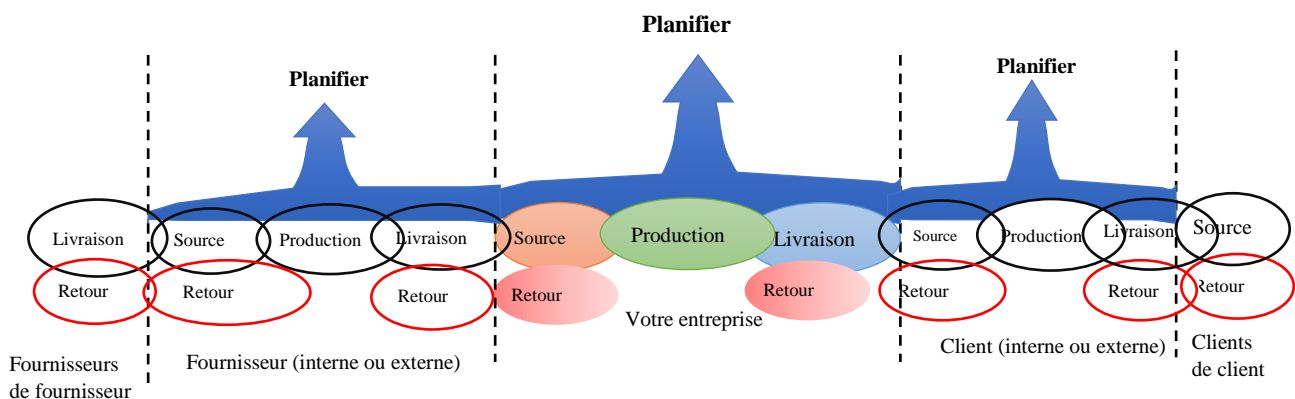
Dans notre démarche, nous nous focalisons sur l'approche processus qui considère l'entreprise comme un processus en soi. Elle représente l'organisation comme un ensemble d'entités pour la réalisation de processus et / ou d'activités en interaction Duffie (1990). Parmi les référentiels de l'approche processus il y a le modèle "SCOR" (Supply Chain Operation Reference) choisi et traité dans l'axe suivant.

## II.2. Le modèle SCOR

### II.2.1. Définition

Dans cet axe, nous considérons une chaîne composée de trois maillons (fournisseurs, producteurs et clients). Nous distinguons plusieurs étapes de processus au niveau de trois entités, la description de ces processus est basée sur le modèle de référence SCOR. Ce modèle propose un référentiel unique qui lie les processus, bonnes pratiques et indicateurs de performance.

Le modèle SCOR (Supply Chain Operations Reference model) est un modèle qualitatif, basé sur un benchmarking de modélisations de la chaîne logistique, né en (1996) lors du groupement de 69 industriels qui ont formé la Supply Chain Council. Ce modèle de référence est composé de quatre niveaux affichés dans les figures 21 et 22. Il décrit les processus clés présents dans chaque entreprise de la chaîne logistique. Il propose également un certain nombre d'indicateurs de performance relatifs à chacun des processus. Enfin, le même modèle établit les meilleures pratiques associées à chacun des éléments des processus et identifie les progiciels commerciaux pouvant les appliquer.



**Figure 21** Modèle SCOR avec ses processus, d'après Supply Chain Council (1996)

### II.2.2. Les processus du modèle SCOR

Voici ce qui est inclut dans chacun de ces éléments de processus:

- **Planifier:** Évaluer les ressources d'approvisionnement, regrouper et hiérarchiser les exigences de la demande, planifier les stocks pour la distribution, la production et les besoins en matériaux, ainsi planifier la capacité des ateliers pour tous les produits et tous les canaux de distribution...
- **Approvisionner:** Obtenir, recevoir, inspecter, conserver, émettre et autoriser le paiement des matières premières et des produits finis achetés.

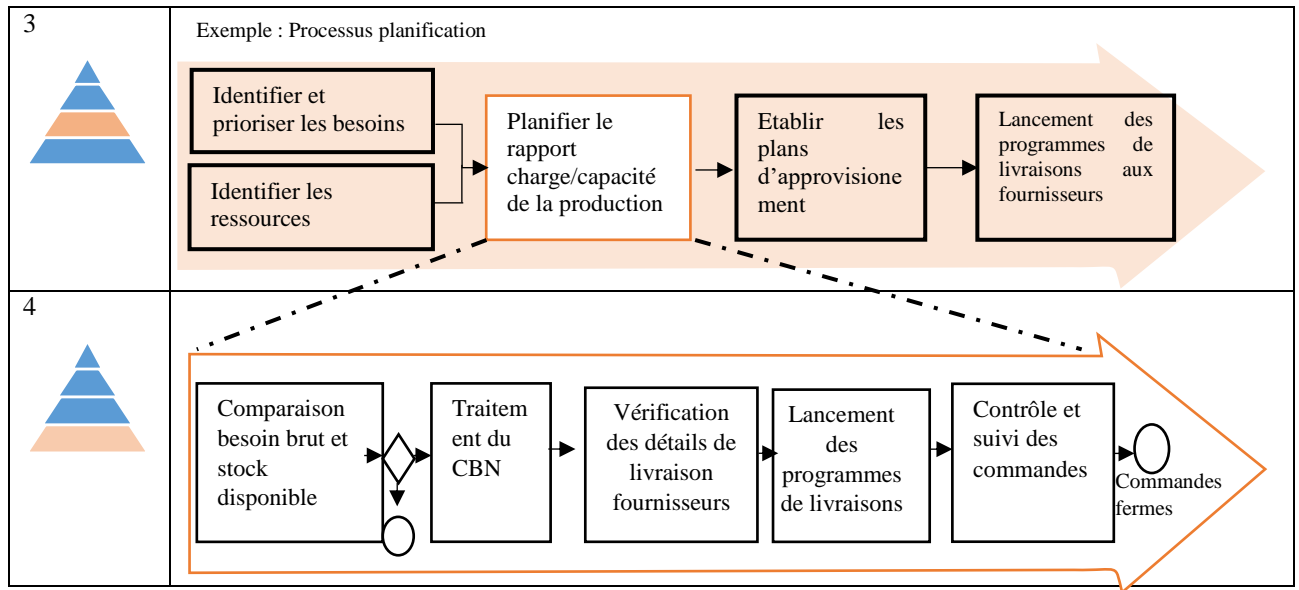


## II. Modélisation organisationnelle d'une Supply Chain

- **Fabriquer:** Demander et recevoir du matériel; fabriquer et tester le produit; emballer, retenir et / ou libérer le produit.
- **Livrer:** Exécuter les processus de gestion des commandes, générer des devis, configurer le produit, créer et maintenir une base de données clients, maintenir la base de données produit/ prix, gérer les comptes à recevoir, les crédits, les recouvrements et la facturation, exécuter les processus d'entrepôt, y compris l'emballage et l'étiquetage, consolider les commandes, expédier les produits, gérer les processus de transport et d'importation / exportation ainsi vérifier la performance de processus livraison pour une meilleure fiabilité et fidélité des clients.
- **Retourner:** Traitement défectueux, de garantie et de retour de surplus, y compris autorisation, planification, inspection, transfert, administration de la garantie, réception et vérification des produits défectueux, élimination et remplacement.

### II.2.3. Les niveaux du modèle SCOR

N°	Description	schéma	Commentaires
1	Modèle SCOR		<p><i>Niveau stratégique</i>, débute par une analyse du positionnement concurrentiel: niveau de performance requis par le marché, mesure de la performance actuelle, bilan (supply chain scorecard), analyse des écarts et plan d'optimisation.</p>
2	Processus Planification		<p>Au second niveau <i>tactique</i>, les flux physiques sont analysés géographiquement et quantitativement et une cible de répartition opérationnelle optimale est définie</p>



**Figure 22: Modèle SCOR avec les différents niveaux décisionnels, d'après SCC (1996)**

Selon John et Laville (2007), les entreprises qui optent pour SCOR le font notamment afin de s'appuyer sur un cadre cohérent. Le but est d'évaluer leurs performances et d'éviter, de ce fait, des dysfonctionnements.

La complexité des structures organisationnelles est, en effet, régulièrement pointée du doigt: elle constitue une réelle faiblesse lors de la construction des indicateurs de performance KPIs.

Centrée sur le client, la méthodologie SCOR se veut structurante, elle met à disposition des acteurs de la supply chain un langage commun, facilitant la coordination en interne et en externe des différents acteurs de l'entreprise. Ce modèle, encore qualifié d'approche top down (dans la mesure où il établit le lien entre la stratégie globale et la gestion individuelle des ordres), il permet de passer d'une vision des opérations par fonction, matérialisée par la chaîne de valeur de Porter (1990), à une vision des opérations par processus qui s'organise autour des besoins du client (commandes, demandes de traçabilité...).

### II.3. Définition de la performance

La performance est un terme polysémique, difficile à appréhender. Il existe de nombreuses définitions de la performance ce qui contribue à faire de la notion un «mot valise». Parmi les notions synonymes, nous présentons l'efficacité, le rendement, la productivité et l'efficacités. D'autres termes tels que la santé, la réussite, le succès et l'excellence lui sont également associés.

La performance est une exigence pour la pérennité de l'organisation, inévitablement liée aux valeurs, à la formation, au statut et à l'expérience des personnes et des groupes d'intérêt qui la

## II. Modélisation organisationnelle d'une Supply Chain

mesurent. Ce concept n'a donc pas de signification en soi, il ne peut en avoir que pour ceux ou celles qui s'y réfèrent dans leurs rapports avec l'organisation Kammass (2015). La performance économique et financière est la vision traditionnelle de la performance qui s'intéresse à la rentabilité en premier lieu. Elle présente les résultats globaux de comptabilité et si l'entreprise a pu réaliser des bénéfices ou non, il y a également la performance sociale qui prend en considération le souci de satisfaction des employés au milieu de travail, et finalement nous insistons sur la performance environnementale dont l'enjeu est la protection de la terre, l'air et l'eau.

L'étude de ces différents types de performance a donné naissance à la performance globale, les travaux précurseurs en matière de performance globale, remontent en 1997, au groupe de travail du commissariat Général du Plan édité par Capron et Quairel (2006). Marcel Lepetit (2004) a défini la performance globale comme une visée multidimensionnelle, économique, sociale et sociétale, financière et environnementale, qui concerne aussi bien les entreprises que les sociétés que les citoyens.

La performance globale concerne trois grandes dimensions à savoir: la performance environnementale, la responsabilité sociale et la contribution économique. Chaque dimension peut être caractérisée à l'aide des critères et sous critères qui répondent à des grands défis dans la sphère socioéconomique/ macroscopique et des sous critères qui représentent la déclinaison de ces grands défis.

### II.4. Les phases de modélisation SCOR

Le modèle SCOR propose une démarche, des modèles et des indicateurs pour décrire, diagnostiquer et évaluer la SC. Il s'inscrit dans une démarche d'amélioration basée sur trois axes présentés dans la figure 23.

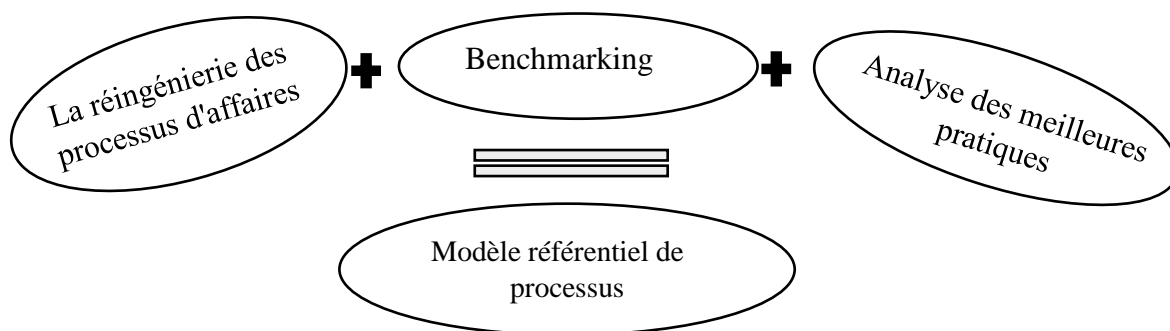


Figure 23: les trois phases de modélisation SCOR (Durand, 2018)

#### II.4.1. La réingénierie des processus d'affaires

Le terme réingénierie des processus d'affaires (BPR) a été inventé pour la première fois en 1990 par Michael Hammer du Massachusetts Institute of Technology (MIT). Il observait dans son article publié dans le Harvard Business Review(1990): «Plusieurs opérations effectuées dans l'entreprise ne fournissent pas une valeur ajoutée pour les clients. Ces opérations inutiles doivent être éliminées au lieu d'être accélérées par des machines automatiques. De même, les entreprises doivent redessiner leurs processus afin de maximiser la valeur offerte aux clients, tout en minimisant les charges déployées».

Pour appliquer le BPR affiché dans la figure 24, Lance et revenaugh en (2002)ont bien développé le processus selon la méthodologie suivante:

- Développer une vision et des objectifs, basés sur les commentaires reçus de différents départements, tels que le marketing, les relations avec la clientèle et l'assurance de la qualité.
- Bien connaître le processus existant et distinguer les éléments défectueux des éléments efficaces.
- Identifier les processus défectueux, prenant beaucoup de temps et nécessitant une élimination ou une amélioration pour la réingénierie, en appliquant par exemple l'analyse SWOT.
- Développer les leviers de changement pour remplacer les existants à l'aide de l'automatisation, les nouvelles solutions technologiques, ainsi que les dernières technologies en matière de planification des ressources, de gestion de la relation client, etc...
- Mettre en œuvre le nouveau processus avec la coopération de tous les acteurs concernés.
- Soutenir le nouveau processus: compte tenu du concept de changement radical, la mise en œuvre et la concrétisation des avantages qui prennent plus de temps, il est donc essentiel de maintenir ces changements opérationnels en dépit des résistances initiales. En s'attaquant aux problèmes initiaux, les entreprises devraient intégrer BPR à leur vie quotidienne et à leur stratégie.
- Évaluer le nouveau processus: compte tenu des résultats à long terme, appliquer constamment l'analyse SWOT tout au long de la période de mise en œuvre. Un retour régulier des services impliqués dans le changement doit être obtenu, même après que le

## II. Modélisation organisationnelle d'une Supply Chain

---

produit ait atteint le client via le nouveau processus, les informations sur son acceptation et sa popularité doivent être collectées et analysées.

- Apporter des modifications essentielles: il y a toujours place à l'amélioration et, en tant que tel, effectuer les modifications nécessaires périodiquement, sans trop s'écarter de l'objectif initial. Continuer à obtenir les commentaires de tous les acteurs concernés et utiliser-les pour l'évaluation. Ne pas oublier que l'ensemble du processus de BPR est cyclique. Même après avoir apporté les modifications, renvoyer la vision et les objectifs et modifier-les si nécessaire.



**Figure 24: La méthodologie BPR**

### II.4.2. Benchmarking

Il consiste à mesurer à l'aide des indicateurs et de se comparer à d'autres entreprises, notamment les «Best in class» pour aider à juger les objectifs d'amélioration.

Selon Monczka et al., (2016) l'analyse comparative est une démarche importante dans la construction d'une stratégie concurrentielle. Elle nécessite l'identification des critères critiques de performance qui sont choisis et bien analysés par rapport aux concurrents. Les points de repère sectoriels impliquent des comparaisons de performance avec des entreprises du même secteur, tandis

que les points de repère externes impliquent les meilleures pratiques et les niveaux de performance atteints par des entreprises qui ne font pas partie du même secteur.

### II.4.3. L'application de bonnes pratiques

Elle permet de maîtriser les processus de la chaîne logistique, mesurer à l'aide des indicateurs et se positionner par rapport aux différents partenaires et aux concurrents. Ceux-ci concrétisent l'achèvement d'une démarche de gestion de la SC basée sur le modèle SCOR. Il s'agit, ainsi, de mettre en relief des axes de progrès dans le but d'améliorer les processus ciblés par les indicateurs de performance retenus, via une démarche en trois temps « évaluation – analyse – amélioration ».

Aujourd'hui, la mesure de la performance de la supply chain, qu'elle soit orientée clients ou orientée interne, revêt un caractère essentiel. Or, l'intérêt de la modélisation SCOR réside dans le fait de lier cette performance aux indicateurs. Force est, alors, de souligner la nécessaire pertinence des indicateurs suivis, un défi auquel semble a priori répondre le modèle SCOR, en proposant une structure hiérarchique de KPIs en parfaite corrélation avec la structure de l'entreprise.

**Tableau 28: les KPI's du modèle SCOR (Paul, John et Laville, 2007)**

	Métrique SCOR niveau 1	Attributs de performance				
		Orientation Client			Orientation interne	
		Fiabilité	Vélocité	Flexibilité	Coûts	actifs
Indicateurs de performance Niveau 1	- Taux de livraison parfaite	●				
	- délai d'exécution d'une commande		●			
	- Adaptabilité de la supply chain à la hausse			●		
	- Flexibilité de la supply chain à la hausse			●		
	- Adaptabilité de la chaine à la baisse			●		
	- Coût total de la supply chain				●	
	- coût des produits vendus				●	
	- Durée du cycle d'exploitation					●
	- Rotation des actifs de la supply chain					●
	- Rotation du fonds de roulement					●

Il paraît, ainsi, possible de sélectionner des indicateurs cohérents avec la typologie de la supply chain et d'établir des tableaux de bord équilibrés (Kaplan and Norton, 1992). Autrement écrit, la base

### **III. La gestion de tournée de véhicule dans une chaîne logistique**

---

de métriques logistiques proposée par le modèle SCOR doit permettre aux entreprises de sélectionner les indicateurs de performance KPIs, dans un premier temps, pour évaluer et, dans un second, pour analyser en vue d'améliorer le niveau global de performance.

La mise en évidence des points faibles ou des axes de progrès doit, en toute logique, être suivie de la mise en œuvre d'alternatives issues des meilleures pratiques identifiées, notamment, lors du benchmarking. A la fin de cet axe nous pouvons confirmer que les facteurs organisationnels et la présence des indicateurs de performance avec une méthodologie de résolution de problèmes robustes, influent la décision d'une entreprise d'adopter des pratiques innovantes qui peuvent entraîner des améliorations sur la performance globale de l'entreprise.

### **III. La gestion de tournée de véhicule dans une chaîne logistique**

La conception des approches organisationnelles permet de diagnostiquer et de maîtriser d'une manière approfondie les interactions dynamiques de différents décideurs de la chaîne logistique, en appliquant la méthode de SADT notre centre de préoccupation est le transport routier de marchandises en tenant compte ses contraintes internes et externes.

Au cours du siècle dernier, il y a eu une augmentation spectaculaire des activités économiques dans le monde entier. L'augmentation des activités économiques a notamment pour effet secondaire, l'augmentation d'utilisation des modes de transport et par conséquent l'augmentation de la consommation énergétique.

Selon ce qui est mentionné dans le chapitre 2 et après avoir traité la modélisation de la chaîne logistique, nous allons nous focaliser sur le transport routier de marchandises en proposant un contexte durable lors de la circulation.

La croissance incontrôlée et mal planifiée de transport routier des marchandises a engendré plusieurs problèmes tels que la congestion routière, les accidents, la dégradation de la santé publique, la pollution de l'environnement etc...

Le transport routier de marchandises est parmi les modes de transport les plus polluants avec un taux élevé en émission en CO<sub>2</sub>. Les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) sont liées non seulement à la distance parcourue par le véhicule, mais également aux caractéristiques des véhicules, le comportement du conducteur sur route, les choix stratégiques de l'entreprise, l'infrastructure, les opérations logistiques, les conditions climatiques etc. Selon Carrese et al., la consommation de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub> sont strictement interconnectées, mais cette relation n'est pas applicable aux autres polluants atmosphériques, tels que les particules, les NO<sub>x</sub> et le CO(2013).

Déterminer le temps le plus court, la distance la plus courte ou le coût le plus court d'un nœud quelconque -i- source à un nœud -j- (ou cible) d'un réseau de transport donné, est un problème important et fondamental pour la modélisation du transport. Il est surtout important dans une supply chain qui demande plus d'intégration et de coordination inter acteurs. Des nombreux articles ont étudié des algorithmes pour les chemins les plus courts tels que (Bako, A. et kas, 1977), (Brander and Sinclair, 1996), (Carraresi and Sodini, 1983), (Consiglio, A., & Pecorella, 1995), (Fox, 1975), (Ahuja et al., 1990), (K Clarkson, 1987) et (Borgwardt and Kriegel, 2005). Selon Yen et al., (1972). Déterminer un chemin court permet de minimiser le coût de déplacement de la marchandise et la consommation de gasoil. Mais le choix de l'itinéraire court dépend également de la sécurité et de la nature de la route choisie, par conséquent, il faut distinguer plusieurs variations communes du problème. Nous remarquons dans la plupart des documents cités ci-dessus, les chemins sont limités à être simples, à savoir, aucun sommet ne peut être répété. Mais il y a d'autres travaux de recherche comme ceux de Katoh et al (1982), Kumar et al (1994) et Law et al (1993) qui considèrent la version du problème des plus petits chemins dans lequel les sommets répétés sont autorisés, et c'est cette version que nous avons étudiée dans notre thèse.

Cet axe illustre la meilleure façon d'acheminement entre deux points en détectant automatiquement le trajet le moins coûteux suite à la valeur affectée à chaque liaison. L'algorithme de Dijkstra est un algorithme de recherche de graphes qui résout le problème du plus court chemin à source unique avec des coûts de chemin de bord non négatifs. Il produit un arbre de chemin le plus court, pour un sommet source donné (nœud) unique à un seul sommet de destination en arrêtant l'algorithme, une fois que le plus court chemin vers le sommet de destination a été déterminé.

### III.1. Les exigences d'un trajet optimal

La Supply Chain est un réseau de partenaires interdépendants porte comme objectif global la satisfaction du client à moindre coût John T Mentzer et al.,(2001b). La Supply Chain assure la coordination entre plusieurs activités: l'approvisionnement en matières premières et composants, la production des biens et transformation des matières, la distribution physique des produits finis aux clients finaux Brahim-djelloul et al.,(2012).

Il existe plusieurs étapes dans le processus de distribution. Le transport est considéré comme un maillon d'une importance particulière. Il assure la liaison entre les différents niveaux du système logistique depuis l'approvisionnement jusqu'à la distribution suite à l'article de Ech-chelfi et EL Hammoumi en (2017). Le transport est l'un des éléments majeurs dans la qualité de service et le coût



### III. La gestion de tournée de véhicule dans une chaîne logistique

---

logistique, puisqu'il est directement lié aux retards, erreurs, pertes, casses, vols, avaries, etc... (Baglin et al., 2001).

L'entreprise peut elle-même assurer l'activité du transport en acheminant ses produits, soit avec ses propres véhicules ou en louant un parc de véhicules avec des chauffeurs. L'entreprise peut également avoir recours à un transporteur professionnel en relation directe avec le chargeur ou bien par l'intermédiaire d'un transitaire/commissionnaire de transport.

Pour réussir l'opération de transport plusieurs activités doivent être assurées. La détermination des routes, la planification des tournées, la préparation des documents de transport, le chargement, le déchargement, le suivi des litiges, etc. La gestion du transport vise à déterminer l'approche la plus efficace pour gérer toutes ces activités afin de fournir un meilleur niveau de service aux clients à moindre coût.

Lors de l'acheminement des produits, des événements inattendus peuvent survenir: apparition d'une nouvelle demande, perte de produits, retard, dépassement du seuil de température, erreur de livraison, conditions climatiques etc., n'ayant pas une visibilité en temps réel sur l'état des produits transportés, le transporteur exécutait ses tournées suite à la feuille de route initialement établie. Les décisions qui ne pouvaient pas être prises au moment opportun impactant la performance de la fonction transport.

Face à cette instabilité de l'environnement, les entreprises de transport doivent appuyer leur pilotage sur leur capacité à s'adapter à l'incertitude et à répondre rapidement aux différents aléas. Pour cela, la disponibilité de l'information relative à l'état des ressources (endroit du véhicule, heures d'arrivée, etc.) et des produits transportés (conformité, intégrité, etc.), devient de plus en plus nécessaire pour une prise de décision réactive, notamment avec une conscience environnementale. Ainsi, de nouvelles réflexions sont mises en place pour développer un système de choix de trajet optimal en fonction des informations dynamiques des transporteurs et en s'adaptant en temps réel aux différentes perturbations de trajet.

Dans la section ci-dessous nous allons introduire l'algorithme dijkstra, que nous avons développé à l'aide du langage Java pour offrir une rapidité, flexibilité et une aide au responsable Supply chain de prendre la décision la plus adaptée par rapport au coût, au délai, à la sécurité, à la capacité de véhicule et à l'état de trajet.

### III.2. Algorithme Dijkstra

#### III.2.1. Définition

Dijkstra (1959) a développé l'un des algorithmes les plus efficaces pour déterminer les chemins les plus courts d'un nœud à tous les autres nœuds du réseau, cet algorithme suppose que toutes les longueurs  $d(i, j)$  de toutes les liaisons du réseau  $G = (N, A)$  sont non négatives.

Nous désignons par -a- le nœud pour lequel nous devons découvrir les chemins les plus courts vers tous les autres nœuds du réseau, au cours du processus de découverte de ces chemins les plus courts, chaque nœud peut être dans l'un des deux états possibles. Il peut être soit dans un état ouvert si le nœud est désigné par une étiquette temporaire, soit dans un état fermé s'il est marqué par une étiquette permanente. Dans le cas de l'étiquette permanente, nous ne sommes pas sûrs que le chemin découvert est le chemin le plus court, l'algorithme de Dijkstra change progressivement les étiquettes temporaires en étiquettes permanentes, les distances initiales entre deux nœuds quelconques du réseau sont définies comme suit :

- La distance entre le nœud -a- au nœud -a- est nulle.
- La distance entre deux nœuds est égale à  $\infty$  s'il n'y a pas de lien entre ces deux nœuds.
- S'il existe un lien qui connecte deux nœuds, la distance entre ces nœuds est égale à la longueur du lien qui les relie.
- S'il y a plusieurs liens qui relient deux nœuds, la distance entre ces nœuds est égale à la longueur du plus court lien qui les relie.

Dijkstra est asymptotiquement le plus connu algorithme de plus court chemin à source unique pour des graphes orientés arbitraires avec des poids non négatifs non bornés et c'est parmi les caractéristiques qui nous ont motivés à utiliser l'algorithme de Dijkstra.

#### III.2.2. Les étapes de calcul selon Dijkstra

Dans cet axe nous avons pu développer l'algorithme Dijkstra en respectant les étapes suivantes :

- **Etape 1** : Positionner les différents nœuds des coordonnées  $(x_1, y_1) ; (x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)$
- **Etape 2** : Faire un lien entre les différents nœuds
- **Etape 3** : Affecter un poids à chaque arrête qui peut désigner le coût, le délai ou la distance.

Dans notre cas, nous avons estimé que le poids de l'arrête d'un nœud d'origine à un nœud de destination, est le coût ou une formule qui prend en considération les trois paramètres ou une formule basée sur une variété de paramètres.

- **Etape 4** : Exécuter le programme sur un modèle simple.

### III. La gestion de tournée de véhicule dans une chaîne logistique

- **Etape 5** : Développer un code général pour le traitement du chemin.

#### III.2.2.1. Etape 1: Positionner les différents nœuds

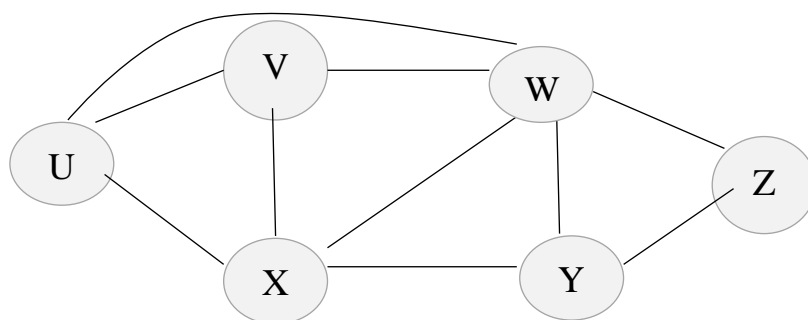
Nous avons pris un exemple pour tester la bonne démarche de notre principe de développement, dans le tableau 29, nous avons mentionné six nœuds dont **U** c'est le nœud d'origine et (**V**, **W**, **X**, **Y** et **Z**) peuvent être des nœuds de destination ou de passage. Le tableau précise à chaque destination le coût minimal ainsi le précédant -**p**- par exemple dans l'étape 0 de nœud **U** vers **Z** c'est  $\infty$  parce qu'il n'y a pas un trajet direct entre **U** et **Z**.

**Tableau 29: Tableau récapitulatif des données de trajet (Ech-chelfi and EL Hammoumi, 2019)**

Les étapes	N'	D(V), p(V)	D(W), p(W)	D(X), p(X)	D(Y), p(Y)	D(Z), p(Z)
0	U	2, u	5, u	1, u	$\infty$	$\infty$
1	UX ←	2, u	4, x		2, x	$\infty$
2	UXY ←	2, u	3, y			4, y
3	UXYV ←		3, y			4, y
4	UXYVW ←					4, y
5	UXYVWZ ←					

Pour visualiser au mieux l'acheminement de transport routier, un graphe est tracé figure 25 afin d'analyser les différentes routes disponibles.

#### III.2.2.2. Etape 2 : Faire un lien entre les différents nœuds

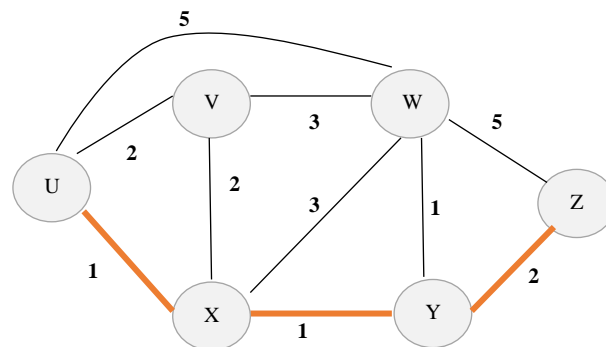


**Figure 25: Modèle simplifié d'un réseau routier**

#### III.2.2.3. Etape 3: Affecter un coût estimatif

Un graphe sans affectation des paramètres est sans utilité. Le coût affecté peut être en relation avec les frais de la route, le délai consommé, le degré de sécurité etc.

Dans cette étape, nous avons affecté des coûts estimatifs aux différents arcs pour chercher le coût minimal de trajet et à la fin c'est au décideur de valider le choix de trajet selon les priorités fixées.



**Figure 26 : Affectation coûts pour chaque trajet**

Figure 26, présente les différents coûts liés à chaque liaison. Le trajet **UXYZ** c'est le trajet optimal déterminé manuellement selon le principe de l'algorithme Dijkstra, ainsi dans l'étape 4, un programme informatique est développé qui peut tester et valider ce qui est déterminé théoriquement dans l'étape 3.

#### III.2.2.4. Etape 4 : Exécuter le programme sur un exemple pratique

Le langage de développement JAVA, est considéré parmi les langages les plus utilisés. Il connaît aujourd'hui un grand engouement, en particulier grâce au web d'internet. Nous présentons dans la figure 27 une capture de programme développé contenant la déclaration des différents nœuds, ainsi l'affectation du coût pour chaque liaison.

### III. La gestion de tournée de véhicule dans une chaîne logistique

---

```
private void exp3() {  
  
    Stats s1=new Stats("u",1);  
    Stats s2=new Stats("v",2);  
    Stats s3=new Stats("w",3);  
    Stats s4=new Stats("x",4);  
    Stats s5=new Stats("y",5);  
    Stats s6=new Stats("z",6);  
    MapProject mp=new MapProject(s1);  
    mp.addRoadCost(s1, s2, 2);  
    mp.addRoadCost(s1, s4, 1);  
    mp.addRoadCost(s2, s3, 3);  
    mp.addRoadCost(s2, s4, 2);  
    mp.addRoadCost(s3, s4, 3);  
    mp.addRoadCost(s3, s5, 1);  
    mp.addRoadCost(s3, s6, 5);  
    mp.addRoadCost(s1, s3, 5);  
    mp.addRoadCost(s4, s5, 1);  
    mp.addRoadCost(s5, s6, 2);  
  
    TransportRoadMap tr=new TransportRoadMap(mp, s1);  
        tr.calcLigne();  
    tr.affiche();  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    // TODO Auto-generated method stub  
    new buildMapTest();  
}
```

Figure 27: déclaration des nœuds et l'addition des couts

L'affichage de résultat de premier exemple se fait sur une console liée à l'interface Java selon la figure 27.

```

u: v: cost =2
u: x: cost =1
u: w: cost =5
u: y: cost =-1
u: z: cost =-1
targetJocProv:Target [target=[x-, y-], statsSource=u, statsDestination=y, Etat=scherch]
targetJocProv:Target [target=[x-, y-, w-], statsSource=u, statsDestination=w, Etat=scherch]
targetJocProv:Target [target=[x-, y-, z-], statsSource=u, statsDestination=z, Etat=scherch]
targetJocProv:Target [target=[v-], statsSource=u, statsDestination=v, Etat=search]
Target jok=Target [target=[v-], statsSource=u, statsDestination=v, Etat=end]
null
Target [target=[x-], statsSource=u, statsDestination=x, Etat=end]
Target [target=[x-, y-, w-], statsSource=u, statsDestination=w, Etat=end]
Target [target=[x-, y-], statsSource=u, statsDestination=y, Etat=end]
Target [target=[x-, y-, z-], statsSource=u, statsDestination=z, Etat=end]

```

**Figure 28: Affichage de résultat du premier exemple**

La simulation de programme de la figure 28, a confirmé le résultat obtenu manuellement pour aller de U à Z. La console affiche comme trajet optimal le chemin composé de: U=le nœud source, Y le nœud de passage et Z le nœud de destination.

L'étape ci-dessous est un prolongement et généralisation de programme pour tracer les n nœuds, affecter les coûts et détecter d'une manière automatique et visuelle le chemin optimal à chaque nœud terminal.

#### III.2.2.5. Etape 5 : Développer un code général pour le traitement de chemin

La figure 29, présente le code d'acheminement de la marchandise dans un graphe multi nœuds avec une projection d'information sur un tableau réactif, le contenu de programme aide à déclarer les nœuds et affecter un coût au milieu de chaque liaison ainsi une partie de code est réservée à l'affichage d'une interface pour exécuter la simulation.

### III. La gestion de tournée de véhicule dans une chaîne logistique

---

```
package Map;
import java.util.Hashtable;
public class TransportRoadMap {

    private MapProject mp;
    private Stats statsSource;
    private Hashtable<Stats,Target> targets;
    private Vector<Stats> stats;
    private Target targetJoc;

    public TransportRoadMap(MapProject mp,Stats statsSource){
        this.mp=mp;
        this.statsSource=statsSource;

        targets=new Hashtable<Stats,Target> ();
        stats=mp.getStats ();
        statsSource=mp.getStatsSource ();
    }

    public void EndTarget(){

for(int i=0;i<stats.size();i++){

        Stats st=stats.get(i);
        Target tr=targets.get(st);
        if(tr!=null) {
            if(tr.equals(targetJoc)){
                targets.get(st).end();
                return;
            }
        }

    public Vector<Vector<String>> affiche(){
        System.out.println("Target jok="+targetJoc);
        System.out.println(targets.get(statsSource));
        Vector<Vector<String>> vv=new Vector<Vector<String>> ();
        for(int i=1;i<stats.size();i++){
            Vector<String> v1=new Vector<String> ();

            Stats st=stats.get(i);
            v1.add(targets.get(st).getStatsSource().getName());
            v1.add(targets.get(st).getStatsDestination().getName());
            v1.add(targets.get(st).getTarget()+"");
            v1.add(targets.get(st).getCoastTarget()+"");
            vv.add(v1);
            System.out.println(targets.get(st));

        }
        return vv;
    }

    @Override
    public String toString() {
        return "TransportRoadMap [mp=" + mp + ", statsSource=" + statsSource
            + ", targets=" + targets + ", stats=" + stats + "]";
    }
}
```

Figure 29: Extrait de Langage JAVA développé

Après la simulation de programme de la figure 29, qui permet de détecter le chemin optimal à partir d'une source aux différentes destinations. L'affichage d'une interface de traçage de graphe d'acheminement, est présenté dans la figure 30 et un tableau 30 récapitulatif des résultats, s'avèrent nécessaire afin de rendre le travail accessible et compréhensible.

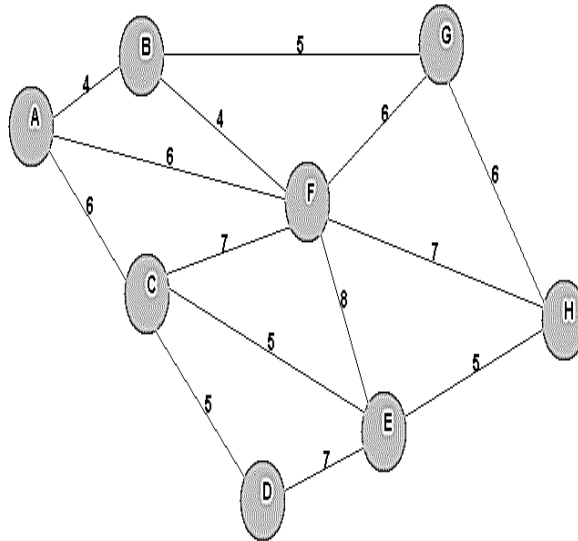


Figure 30: Traçage manuelle des nœuds et affectation des coûts

Tableau 30: Affichage des résultats obtenus

Source	Destination	Target	Cost
A	B	[B-]	4
A	C	[C-]	6
A	G	[B-, G-]	9
A	F	[F-]	6
A	D	[C-, D-]	11
A	E	[F-, E-]	14
A	H	[F-, H-]	13

Dans cet axe nous avons pu proposer un algorithme Dijkstra informatisé qui aide à déterminer les **k** chemins les plus courts d'un seul nœud source à plusieurs nœuds de destination. L'algorithme utilise la matrice de connexion d'un réseau donné et des liens pour obtenir les chemins les plus courts. L'algorithme Dijkstra proposé a été appliqué sur deux exemples successifs de topologie réseau, le premier exemple est un modèle test pour vérifier l'exécution de programme et son adéquation avec



#### IV. La régression linéaire multiple dans un niveau microscopique

---

la résolution théorique et manuelle, ainsi le deuxième programme développé est général et adapté à un nombre des nœuds et des liaisons illimité, les résultats obtenus à la fin de cet axe sont satisfaisants dans la mesure d'aider au choix du trajet optimal qui se considère parmi les grands enjeux de l'acheminement de la marchandise. Le coût estimé du trajet peut être lié directement à la consommation de gasoil et qui peut rendre service au planificateur en terme économique mais également environnemental.

Cette partie fait l'objet d'un article indexé Scopus avec les informations suivantes :

ECH-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed,
Development of the Java-Based Dijkstra Algorithm for Optimal Path Detection.
<i>Journal of Engineering and Applied Sciences</i> , 2019, 14: 6620-6624.
DOI: <a href="https://doi.org/10.3923/jeasci.2019.6620.6624">10.3923/jeasci.2019.6620.6624</a>
URL: <a href="http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2019.6620.6624">http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2019.6620.6624</a>

#### IV. La régression linéaire multiple dans un niveau microscopique

Après le traitement du modèle SCOR dans l'approche organisationnelle et le développement du modèle Dijkstra qui détermine le chemin optimal comme un point de départ dans l'analyse stratégique, cet axe est une suite d'efforts effectués dans les axes précédents. Il y inclut la discipline environnementale dans le choix de l'itinéraire optimal. Nous avons évoqué trois modèles suite à des fonctions de régression multiple, pour mesurer l'impact de chaque facteur sur la consommation énergétique avec une formulation des fonctions de prédiction. Les techniques de la prédiction et de la prévision donnent une idée sur un évènement futur. Pour cela nous devons passer par la collecte et le traitement des données.

Ce traitement se traduit par une modélisation sous forme d'équation et par une validation de la fonction de régression choisie. Dans l'étape de validation, nous développons des indicateurs, qui aident à mesurer les écarts entre les résultats obtenus et cette facétieuse réalité.

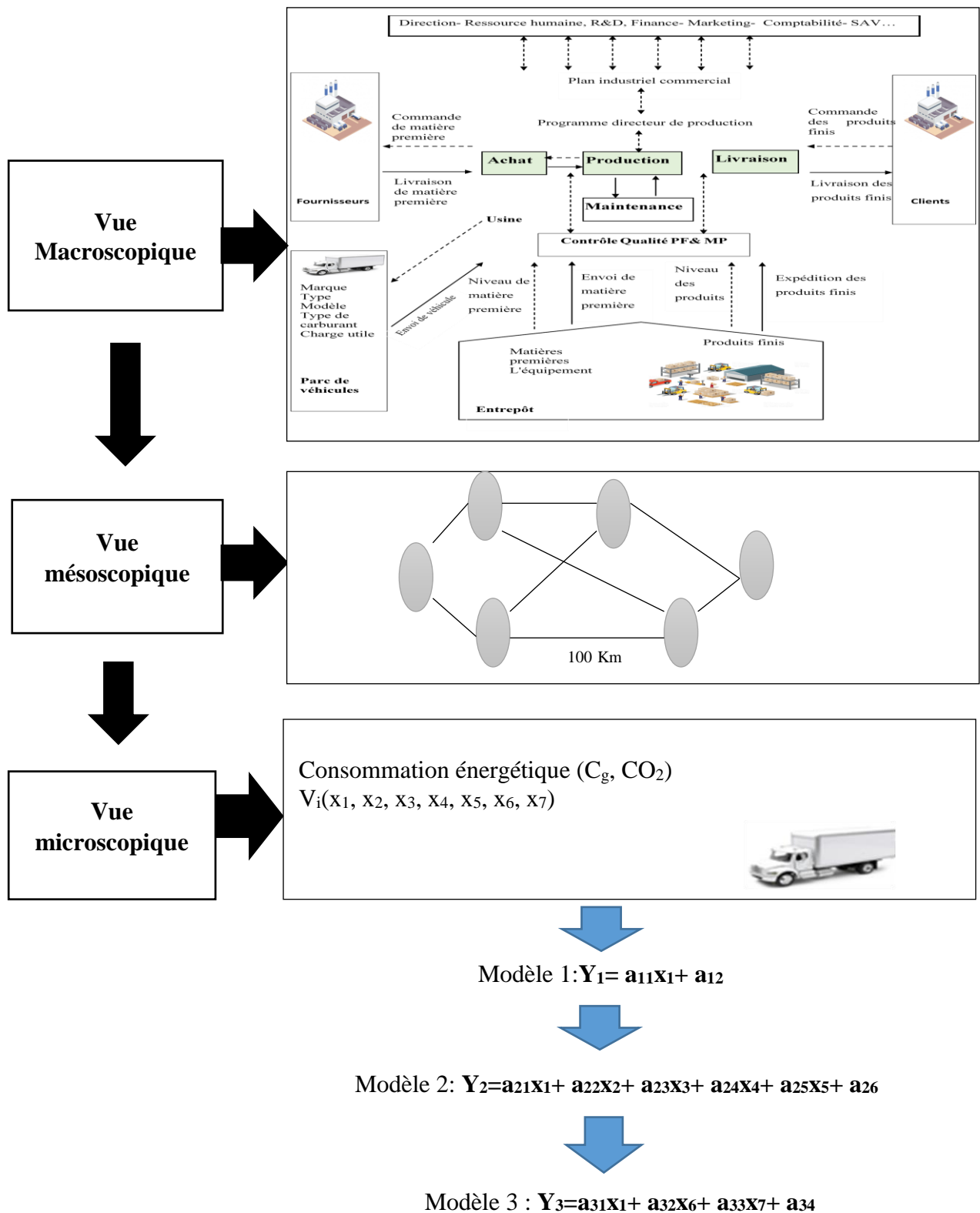


Figure 31: Schéma récapitulatif multiniveau

## IV. La régression linéaire multiple dans un niveau microscopique

---

La consommation énergétique de véhicules  $Y_i = \sum a_{ij} x_k$  est une fonction multi variable influencée par des facteurs internes liés aux caractéristiques de véhicules (PTAC, PV, CV, MEC...) et des facteurs externes liés au conducteur, la vitesse, l'infrastructure, le climat, etc.

La prévision des émissions de CO<sub>2</sub> est devenue une recherche importante, car elle fournirait des indices et sensibiliserait à la stabilité environnementale. Les émissions d'éléments gazeux tels que le CO<sub>2</sub> deviennent une préoccupation mondiale, car les gaz à effet de serre ont le plus d'impact sur les problèmes environnementaux et le réchauffement climatique. Néanmoins, le choix des bonnes méthodes pour prévoir les émissions de CO<sub>2</sub> dépend d'un large éventail de facteurs qui impliquaient des variables qualitatives et quantitatives.

### IV.1. La collecte des données

Le présent axe porte comme objectif, l'évaluation des émissions de véhicules dans le monde réel avec des conditions de circulation dynamiques. A la base des résultats, nous pouvons en déduire que les émissions instantanées de véhicules sont de nature épisodique et que l'augmentation de la vitesse et l'accélération brutale entraînent une augmentation des émissions.

Pour cela une flotte de 74 véhicules de différentes catégories, a été étudiée pendant une année avec 56 conducteurs différents. La société en cause est une Société Industrielle Oléicole innovante dans le secteur agroalimentaire marocain, depuis plus de 50 ans. La prise de l'enregistrement de la consommation énergétique a été faite sur un échantillon de 28 véhicules de différentes marques, avec un PTAC de 3,5 tonnes jusqu'à 40 tonnes. L'opération de suivi est faite par les deux appareils suivants: Global Positioning System (GPS) et le disque chronotachygraphe<sup>4</sup>, qui sont essentiels pour enregistrer la vitesse et l'accélération. Afin d'enregistrer ces deux dernières variables, le suivi de deux remorques de 19 tonnes et 40 tonnes s'avère suffisant et satisfaisant.

Les différents enregistrements sont exploités dans le calcul de la consommation de carburant en fonction de la vitesse, l'accélération, PTAC, PV, CV et MEC de véhicule. Le CV est le cheval fiscal qui correspond à la puissance de moteur de véhicule. Nous avons choisi d'inclure cette variable parce que sa prise en considération peut nous aider lors d'achat de véhicule et la détermination de la consommation de gasoil.

La variable de réponse et les prédicteurs sont principalement utilisés dans la section ci-dessous. Elle sert à décrire la relation entre la consommation de gasoil en (L/100Km) et les variables économiques. Des modèles instantanés sont nécessaires pour prévoir les émissions du trafic avec plus

---

<sup>4</sup> Le chronotachygraphe est un appareil électronique enregistreur de vitesse, de temps de conduite et d'activités (conduite, travail, disponibilité et repos) installé dans un véhicule de transport routier

de précision. Ces modèles sont basés sur des variables cinématiques instantanées du véhicule, telles que la vitesse et l'accélération ou sur des variables modales plus agrégées, tels que le temps écoulé dans chaque mode de trafic, la vitesse de croisière et l'accélération. Ces derniers paramètres sont difficiles à collecter, c'est pour cela nous sommes focalisés sur la vitesse moyenne et l'accélération dans le développement de modèle 3.

#### IV.2. Méthodologie

La vue macroscopique est une vue panoramique globale de toute la chaîne logistique de l'entreprise, basée sur la connaissance de la flotte de véhicule de l'entreprise, les quantités de livraison, la sous-traitance des moyens de transport, la stratégie d'alliance avec d'autres entreprises. Mais son exactitude est moyennant faible. Avec cette vue, aucune information n'est prise en compte concernant les caractéristiques et la puissance spécifique de chaque véhicule : c'est à-dire la vitesse, le taux de chargement, le temps d'accélération et le temps de décélération.

Ainsi la minimisation de la consommation énergétique ne dépend pas tout simplement de l'approche macroscopique. Il y a d'autres facteurs liés aux véhicules, au comportement du conducteur et à la route et au climat, qui sont beaucoup plus pertinents à prendre en considération.

Selon Yue, Huanyu et Rakha la vue mésoscopique est une vue réduite par rapport à la vue macroscopique, centrée sur un processus ciblé et contient des diagrammes d'enchaînement synthétiques. Cela constitue une alternative intéressante aux modèles microscopiques en cas de manque de données relatives à la vitesse et à l'accélération (2008). Dans le niveau mésoscopique, nous avons choisi d'évoquer le modèle 1 et le modèle 2 pour le calcul de la consommation énergétique. Le modèle 1 est un modèle simplifié, il prend en considération une seule variable liée à la classe véhicule pour mesurer à quel niveau le PTAC a d'impact sur la consommation de carburant, ainsi le modèle 2, il adhère à son développement d'autres variables liées aux CV, MEC, PTAC et PV.

Le niveau microscopique peut considérablement améliorer l'estimation des émissions, mais il est généralement appliqué à un sous-ensemble de liaisons du réseau (100km), car il nécessite d'énormes données d'entrée. Dans la vue microscopique nous avons généré le modèle 3 qui s'intéresse à traiter l'impact de la vitesse et l'accélération sur la consommation de gasoil. Ces deux derniers paramètres traduisent l'impact de comportement de conducteur sur la consommation, sans ignorer bien évidemment l'aspect social dans la maîtrise des normes de la circulation et la gestion des risques de la route. Dans ce qui suit nous allons vérifier le modèle le plus pertinent afin de l'intégrer dans la plateforme du chapitre 5.

## IV. La régression linéaire multiple dans un niveau microscopique

### IV.2.1. Les facteurs mésoscopiques affectant la consommation énergétique

Les facteurs de Pearson de PTAC, CV et PV successivement présentés dans le tableau 31, sont ( $\rho_{PTAC}=0,963$ ), ( $\rho_{CV}=0,954$ ) et ( $\rho_{PV}=0,961$ ). Ils montrent le niveau d'impact de chaque variable sur la consommation énergétique. Ainsi nous remarquons que les variables avec  $\rho > 0,7$ , elles sont proches de la droite de corrélation, ce qui indique une forte relation linéaire entre les variables. Par contre la variable âge de véhicule ( $\rho_{Age}=0,121$ ), elle présente un coefficient de corrélation faible, ce qui nous permet d'ignorer cette variable dans les prochaines considérations.

**Tableau 31: Corrélations intervariables**

		Ratio (L/100Km)	PTAC (T)	Age	CV	PV(T)
Corrélation de Pearson	Consommation énergétique (L/100Km)	1,000	0,963	0,121	0,954	0,961
	PTAC (T)	0,963	1,000	0,085	0,965	0,899
	MEC	0,121	0,085	1,000	0,032	0,212
	CV	0,954	0,965	0,032	1,000	0,900
	PV(T)	0,961	0,899	0,212	0,900	1,000

Des analyses de corrélation bi variées et des analyses de régression multiple ont été appliquées tout au long de cet axe. Cependant, l'analyse de corrélation bivariée reflète la façon dont les deux variables sont corrélées, mais la présence d'une corrélation forte entre deux variables n'affirme pas une relation de causalité. Pour vérifier s'il existe une relation de cause à effet entre les variables, il faut tenir compte des effets des variables indépendantes, cela se fait par l'analyse de la régression multiple.

La relation linéaire entre deux variables est généralement expliquée par un modèle de régression linéaire (MANN, 2007). La régression linéaire a été le premier type d'analyse de régression à être étudiée de manière rigoureuse et à être utilisée de manière extensive dans de nombreuses applications pratiques dans divers domaines.

Un modèle de régression multiple est un modèle linéaire comportant plusieurs prédicteurs ou régresseurs (Darlington and Hayes, 2016). L'utilisation de régression multiple a pour objectif d'en apprendre davantage la relation entre plusieurs variables indépendantes et une variable dépendante.

En général, l'analyse de régression multiple permet au chercheur de poser la question suivante: Quel est le meilleur prédicteur de ...? Les corrélations identifiées par l'analyse bi variée initiale pourraient ne pas représenter de véritables relations explicatives, car la plupart des phénomènes résultent de causes multiples. L'analyse par régression multiple nous permet donc d'intégrer la

variation de plusieurs variables dans une même analyse et d'isoler les effets de variables indépendantes uniques. Les variables sans importance peuvent alors être omises de l'interprétation globale des résultats.

Dans cette section nous allons analyser la qualité des modèles obtenus (1 et 2) à travers l'étude de l'indicateur R ou R-deux et le test F. Pour cela il faut se référer au tableau 32. Le R ou R-deux compare les valeurs estimées de la variable dépendante par rapport à ses variables observées. La valeur de R-deux varie entre 0 et 1 plus la valeur de R-deux est importante plus le modèle explique le phénomène. Dans notre cas le R-deux de modèle 1 est 0,927 et de modèle 2 est 0,988, ce qui signifie que les variables explicatives de modèle 1 et 2 contribuent à raison de 92,7% et 98,8% successivement de la variable à expliquer à savoir la consommation énergétique. La valeur R-deux est supérieure à 0,3, c'est la valeur minimale à accepter pour pouvoir confirmer les résultats obtenus. Dans notre cas le R-deux pour les deux modèles, affiche des valeurs importantes et de très bonnes capacités d'explication ou de prédiction des modèles. A côté de la colonne de variation de R-deux, il y a la colonne de la variation de F qui teste si la contribution la plus récente présente une amélioration significative dans la capacité de prédiction de l'équation de régression. Il faut voir la valeur de la variation de F et la valeur de sa signification. A ce niveau nous remarquons que dans les deux modèles la variation de F est très significative, ce qui nous permet de dire que l'équation de régression est significative et les variables explicatives contribuent d'une manière très significative dans les scores de variable consommation énergétique (L/100km).

Avant de passer aux coefficients de régression standardisés, il faut analyser la validité du modèle à travers l'examen des résidus, essentiellement à travers le test Durbin-Watson(DW) et l'examen des graphiques. Pour cela la dernière colonne de tableau 32 présente ce test, le test (DW) permet d'évaluer la relation entre les résidus et les erreurs. La valeur de test Durbin Watson varie entre 0 et 4 et elle va nous confirmer ou infirmer l'hypothèse d'indépendance entre les résidus. Pour s'assurer que les résidus ne sont pas corrélés, il faut que la valeur de test de Durbin Watson soit proche de 2 c'est-à-dire en valeur absolue entre 1,50 et 2,50. Dans notre cas le test de Durbin Watson indique une valeur de 2,022, c'est une valeur limite dans l'intervalle de sécurité. Nous pouvons dire qu'à priori que les résidus ne sont pas corrélés et que le modèle de régression est valide.

Après l'analyse statique de la validité, il faut procéder à l'examen graphique pour confirmer et valider cette conclusion. Pour cela l'observation des figures 33 et 34 montre une légère déviation, les résidus standardisés dans le modèle 1 et 2 suivent une droite. Ceci confirme la normalité de la distribution, ce qui nous amène à conclure que la prédiction est valable et appropriée pour toutes les réponses.

#### IV. La régression linéaire multiple dans un niveau microscopique

**Tableau 32: Test de la contribution d'un ensemble de prédicteurs à un modèle utilisant SPSS**

Modèle	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation	Modifier les statistiques			Durbin-Watson
					Variation de R-deux	Variation de F	Sig. Variati on de F	
1	0,963 <sup>a</sup>	0,927	0,924	2,41	0,927	340,519	0,000	
2	0,988 <sup>b</sup>	0,976	0,972	1,46	0,049	16,288	0,000	2,022
a. Prédicteurs : (Constante), PTAC (T)								
b. Prédicteurs : (Constante), PTAC (T), Age, PV(T), CV								
c. Variable dépendante : Ratio (L/100Km)								

Suite à l'analyse mésoscopique de la consommation de véhicules, les modèles 1 et 2 aident à la prédiction de la consommation envisagée. A ce niveau la décision d'achat d'un nouveau véhicule ou la sous-traitance et les choix d'itinéraire de circulation, sont liés essentiellement aux caractéristiques techniques de véhicule qui peuvent augmenter ou diminuer la consommation selon la décision stratégique prise.

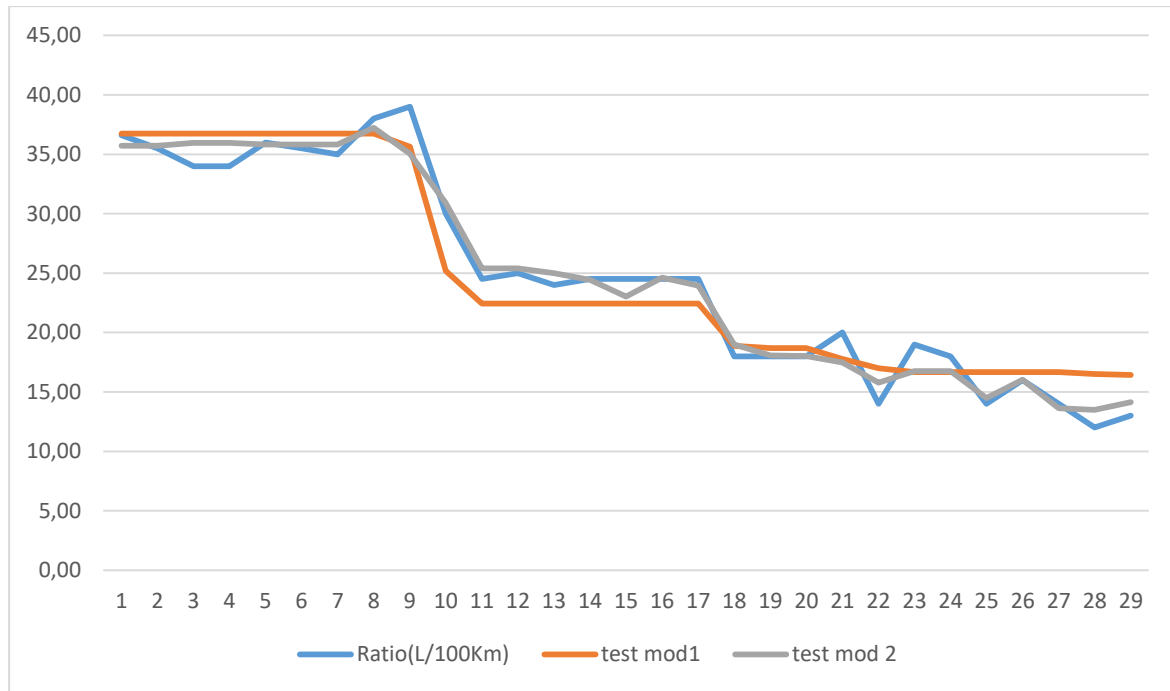
Après la validation des modèles, nous allons analyser la relation entre les variables explicatives et la variable à expliquer à travers le coefficient de regression standardisé Bêta, test de student et test de significativité. Le tableau 33 contient les différentes valeurs de ces coefficients.

Pour le coefficient standardisé Bêta, il est interprété de la même manière que le coefficient de régression de Pearson. Si Bêta est inférieur à la valeur absolue de 0,29 donc l'effet est faible, si Bêta en valeur absolue est situé entre 0,3 et 0,49 l'effet est moyen et si Bêta est supérieur à 0,5 en valeur absolue l'effet est fort.

Nous allons examiner Bêta et encore le test de t student pour confirmer la relation entre les variables explicatives et la variable à expliquer. Cependant le test T de student est utilisé pour établir la significativité d'un coefficient de régression. Dans notre cas, le tableau 33 montre que le coefficient de PTAC de véhicule du modèle 1, a un grand effet sur la consommation. Ainsi pour le modèle 2 nous remarquons que le PTAC et le PV ont un effet significatif avec un p-value<0,01, par contre les variables âge(MEC) et CV n'ont pas un impact significatif.

Nous pouvons conclure que le coefficient Bêta le plus élevé est celui qui présente un grand impact sur la consommation énergétique de l'entreprise.

Après avoir pris en compte les aspects ci-dessus, l'analyse de régression a été effectuée pour faire évaluer le modèle 1 et le modèle 2 avec ses quatre paramètres. Les coefficients estimés et les statistiques associées seront affichés dans le tableau 33.



**Figure 32: Les écarts des modèles par rapport au modèle réel**

La prédiction selon le modèle 2 avec un( $R^2 = 0,9758$ ) par rapport au modèle 1 ( $R^2= 0,927$ ) est plus proche à la réalité selon la figure 32. La consommation n’est pas liée tout simplement au poids de véhicule, mais il y a d’autres caractéristiques de véhicule qui influencent la consommation sur la route.

Les coefficients non standardisés nous permettent de reconstituer l’équation de la droite de régression de modèle 1 et modèle 2, dans ce cas :

Le modèle 1 :  $Y_1=0,55*PTAC+14,744$

Le modèle 2 :  $Y_2=0,232 *PTAC+0,119*CV+2,188*PV-0,032*Age+ 8,260$

**Tableau 33: Les fonctions de la régression multiple de modèle 1 et 2**

Modèles		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
		B	Erreur standard	Bêta		
1	(Constante)	14,744	0,706		20,895	0,000
	PTAC (T)	0,550	0,030	0,963	18,453	0,000
2	(Constante)	8,260	1,531		5,394	0,000
	PTAC (T)	0,232	0,072	0,406	3,195	0,004
	Age	-0,032	0,052	-0,022	-0,625	0,538
	CV	0,119	0,134	0,118	0,891	0,382
	PV(T)	2,188	0,706	0,494	6,033	0,000



## IV. La régression linéaire multiple dans un niveau microscopique

---

### IV.2.2. Les facteurs microscopiques affectant la consommation énergétique

Selon Wisetjindawat et al. (2012) la modélisation microscopique vise à collecter des paramètres tels que : le débit, la densité, la vitesse, le temps de parcours et de retard, les longues files d'attente, les arrêts, la pollution, la consommation de carburant et les ondes de choc. Les caractéristiques de cette modélisation sont basées sur le modèle de suivi de véhicule, les modèles de changement de voie et les causes de perturbation des conducteurs individuels (Nasuha and Munzilah, 2018), (Barth et al., 2005b).

La base de données utilisée est récupérée d'une entreprise industrielle marocaine possédant une flotte de véhicules pour compte propre. Ces données permettent l'étude de l'impact de la classe véhicule, PV, CV, Age avec modèle 1 et 2 ainsi la vitesse et de l'accélération avec modèle 3 selon le tableau 34.

La consommation de carburant et les émissions sont strictement liées à des profils de vitesse et d'accélération qui dépendent souvent de deux catégories de paramètres: les conditions de circulation et le comportement de conduite.

- La première catégorie comprend la limite de vitesse maximale et le taux d'accélération théorique qui varient en fonction des caractéristiques de l'infrastructure, de la vitesse réelle, du taux d'accélération et du nombre d'arrêts de véhicules en raison de la congestion et du débit du réseau routier.
- La deuxième catégorie prend en compte les différents comportements de conduite des utilisateurs d'un point de vue physique, le comportement de conduite est représenté par les diagrammes vitesse-temps et accélération-temps.

Analyser toute la flotte véhicule n'est pas évident à cause de temps consommé et la variété des comportements des conducteurs ce qui peut générer plus d'erreurs dans le développement du modèle 3. Pour cette raison l'enregistrement de 118 prises de deux catégories de véhicules ( $V_1=19$  tonnes et  $V_2=40$  tonnes) s'avère suffisant, afin de dégager une fonction multi variables (Vitesse, accélération) qui montre le niveau d'impact de chaque facteur sur la consommation énergétique et les émissions en  $CO_2$ .

Pour mener à bien ce plan, l'optimisation de la vitesse est devenue un moyen typique pour améliorer l'efficacité énergétique, car elle entraînerait la diminution de la puissance du moteur et la consommation de carburant qui peut se réduire trois fois plus vite (Wang et al., 2018).

L'analyse de régression multiple est considérée comme un moyen de description de la relation entre la consommation énergétique et un ensemble des prédictors. Le modèle 3 prend en

considération les facteurs (PTAC, Vitesse et accélération) qui peuvent refléter au mieux le comportement du conducteur sur route. La formule développée de ce modèle peut aider à prédire la variable réponse (consommation énergétique) tableau 35.

**Tableau 34: Récapitulatif de modèle 3**

Modèle	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation	Modifier les statistiques			Durbin - Watson
					Variation de R-deux	Variation de F	Sig. Variation de F	
3	0,812 <sup>a</sup>	0,659	0,650	1,74243%	0,659	73,343	0,000	0,950
a. Prédicteurs : (Constante), $\gamma$ (m/s <sup>2</sup> ), Vmax (Km/h), PTAC (T)								
b. Variable dépendante : % Consommation (L/100km) réel								

La formule générale obtenue dans le niveau microscopique est :

$$Y_3=30,545+0,278*PTAC-0,057*Vmax+0,168*\gamma$$

**Tableau 35: La fonction multi variable de modèle 3**

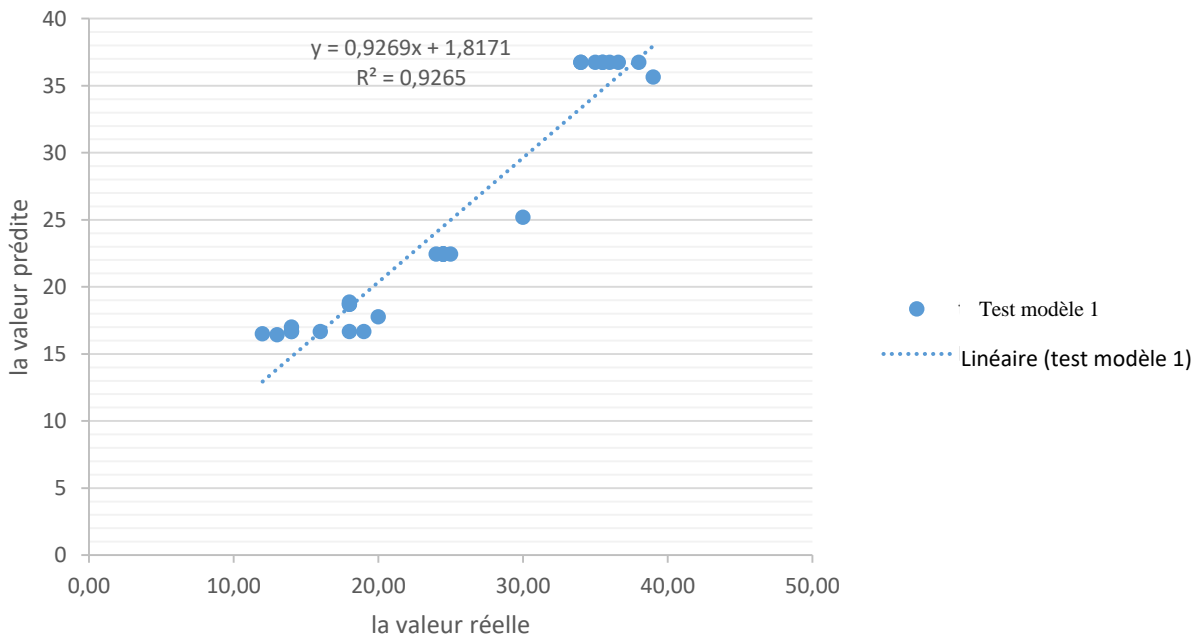
Modèle		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
		B	Erreur standard	Bêta		
3	(Constante)	30,540	1,055		28,938	0,000
	PTAC (tonnes)	0,278	0,023	0,981	12,223	0,000
	Vmax (Km/h)	-0,057	0,016	-0,276	-3,510	0,001
	$\gamma$ (m/s <sup>2</sup> )	6,168	21,610	0,016	0,285	0,776

### IV.3. Résultats et discussion

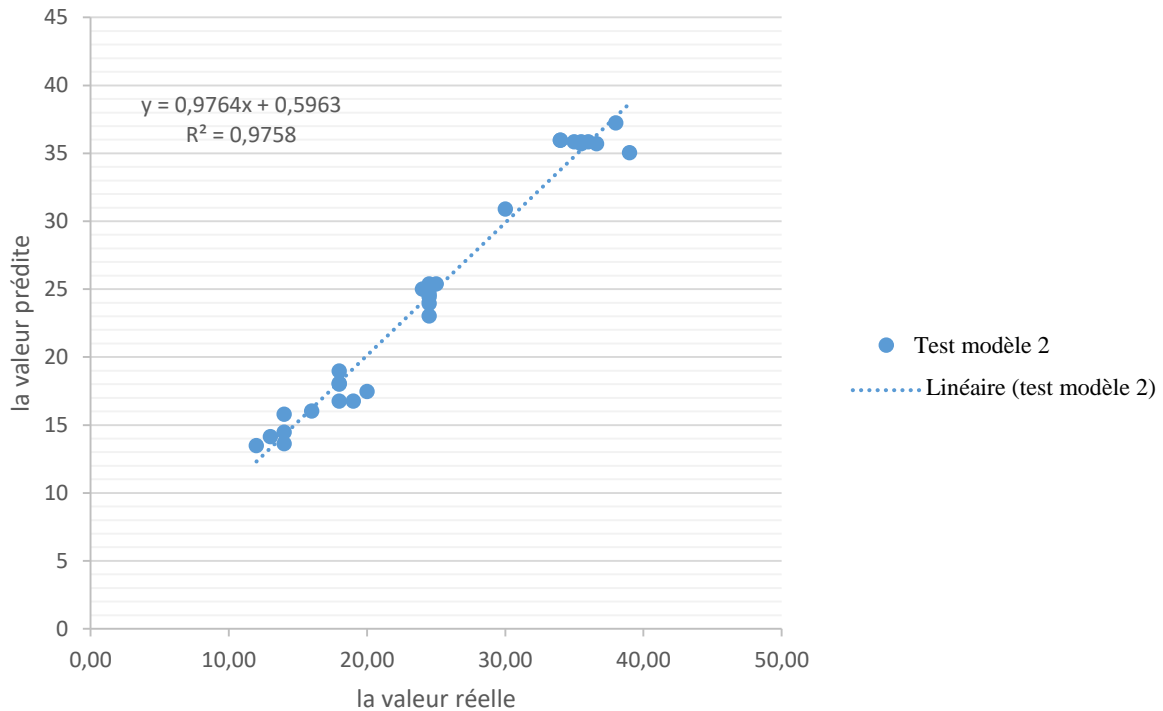
La modélisation macroscopique décrit les intersections à un niveau de détail peu élevé Nasuha et Munzilah (2018), comme ce qui est discuté dans l'article de Demir (2012), la vitesse a un effet significatif sur la consommation de carburant, ainsi une vitesse optimale pourrait entraîner une meilleure réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.

Selon les articles de Muslim et al., (2018), Chung et al., (2016), Demir et al., (2014a) et Baumgartner et al., (2008) l'effet du comportement du conducteur sur les émissions et la consommation de carburant, les types de moteur, la vitesse et les accélérations ont été considérés

comme les principaux facteurs. Les émissions de CO<sub>2</sub> liées au transport sont affectées par diverses conditions liées au type de véhicule (puissance moteur, couple, type de carburant, coefficient de traînée aérodynamique, etc.) et aux caractéristiques de l'opération de livraison (type de route, pente, vitesse du véhicule, charge, etc.) (Akçelik and Besley, 2003), les facteurs psychologiques du conducteur (traits de personnalité) (Jovanović et al., 2011), attitudes et intentions (Lucidi et al., 2014) et la prise de risque (Cai et al., 2013) dans des études qui traitent les économies de carburant et les réductions des émissions. En outre, d'autres variables qui agissent également les émissions de CO<sub>2</sub> comprenant le trafic, le style de conduite (Alan McKinnon et al., 2010) et les conditions météorologiques (Kohn, 2005).



**Figure 33: les valeurs prédites par rapport aux valeurs réelles selon le modèle 1**



**Figure 34: Les valeurs prédites par rapport aux valeurs réelles selon le modèle 2**

La validation du modèle 1 et 2 a été effectuée entre les équations de régression prévues pour la consommation prédite et la consommation mesurée figure 33 et figure 34 (test modèle 1 et test modèle 2). Pour tester les équations de régression, la validation a été effectuée par corrélation multiple pour 28 types de véhicules. A partir du résultat obtenu, l'équation de régression prévue par le modèle 1 a donné un fort  $R^2 = 0,9265$ , ainsi le modèle 2 fait passer le  $R^2 = 0,9265$  à  $R^2 = 0,9758$ , cette variation de 0,0493 apparaît comme significative.

La corrélation élevée de R-deux a confirmé que la consommation de gasoil prévue était fiable et efficace, la consommation prévue par la régression linéaire multiple était similaire, précise et efficace, ce qui indique que la consommation de gasoil prévue par la régression linéaire multiple était similaire à celle mesurée.

Le modèle 3 présente un  $R^2 = 0,659$  moins élevé que le modèle 2 avec  $R^2 = 0,9758$ . Ce qui démontre que la prise en considération des variables comme l'accélération et la vitesse génèrent des conditions environnementales bruitées et instables. Rouler trop vite, accélérer plus que nécessaire, puis freiner brutalement, changer de rapport de vitesses sans cesse... Ce comportement de conduite agressif peut accroître la consommation de 20 % sur route et de 40 % en ville selon (L'Energie, 2018).

Le modèle 3, est lié au type de transmission, comme il a été mentionné. L'optimalité peut être atteinte avec une transmission automatique de vitesse pour ne pas laisser place à des variations non

## V. Conclusion

---

nécessaires de la part du conducteur. Lorsqu'on compare la consommation de carburant d'un automobiliste calme et d'un automobiliste agressif, on remarque jusqu'à 40% de différence dans la consommation de carburant (Trépanier and Coelho, 2017).

Ce modèle est moins contrôlable, c'est-à-dire que le gestionnaire de la flotte de véhicule peut sensibiliser les chauffeurs en leur offrant de la formation par exemple. Toutefois, il ne sera jamais en mesure de contrôler totalement le mode de conduite des conducteurs. Le comportement du conducteur est malheureusement très difficile à prendre en compte dû à sa dynamique difficilement contrôlable.

## V. Conclusion

Optimiser la chaîne logistique, c'est maîtriser l'ensemble de ses opérations (approvisionnement, production, livraison, transport, etc.). Dans notre thèse nous nous sommes focalisés sur le transport routier de marchandises afin d'arriver à désigner des solutions optimales sur le plan économique, social et environnemental. Dans ce chapitre, nous avons pu zoomer le transport routier de marchandises sur trois volets importants. Le premier c'est sa présentation organisationnelle dans une chaîne logistique globale suite au référentiel SCOR. Le deuxième volet est le développement d'un programme à base du langage Java, afin de présenter le chemin optimal grâce à l'algorithme Dijkstra. Enfin le dernier volet prend en considération l'impact technique de véhicule et l'impact de comportement de conducteur sur la consommation énergétique.

Les trois volets présentent mieux une complémentarité parce que proposer une bonne solution revient à maîtriser le statut de TRM dans toute la chaîne, et de combler le choix de trajet avec les caractéristiques de moyen utilisé.

Lors de la planification d'un voyage, il est essentiel de signaler le meilleur itinéraire pour se rendre au réseau de transport routier afin d'apprécier les conditions environnementales, l'état de véhicules, le conducteur, le tonnage, la destination, l'infrastructure et l'horaire, qui influencent la sécurité et le temps réel de voyage.

Les véhicules contrôlés constituent déjà une base de données relativement importante dans laquelle les conditions d'utilisation et de fonctionnement sont connues en détails. En outre, ces véhicules, en tant qu'ils étaient «en circulation», constituaient aussi un excellent «capteur» pour mesurer les conditions de circulation. L'analyse de leurs profils de vitesse a permis dans une certaine mesure, la description des conditions de conduite des flux de véhicules, tout en prenant en considération la diversité des comportements du conducteur.

Le chauffeur de véhicule a un rôle majeur dans la minimisation des émissions enregistrées dans la même période de circulation avec la même classe de véhicule. Faire une optimisation durable de

transport routier de marchandise, c'est une combinaison entre la décision stratégique du responsable transport et une décision opérationnelle de transporteur.

Décision stratégique à travers le choix de l'itinéraire optimal en termes de sécurité, rapidité et coût et une décision opérationnelle liée directement au comportement de transporteur selon sa réactivité, son accélération, sa décélération, son freinage, sa concentration, son respect de code de la route et sa transmission de l'information aux acteurs de la chaîne au cas de besoin sont également à considérer.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter notre contribution en matière de conception de plateforme. Notamment son système d'information, cette conception passe par une modélisation avec le langage UML. Cela permettra de définir et décrire d'une manière succincte l'architecture matérielle et logicielle d'un tel système.

Cette partie fait l'objet d'un article indexé Scopus avec les informations suivantes :

Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed
« Modelling Energy Consumption of Freight Road with MLR »
Published in the Test Engineering and Management Journal
376 – 386, Vol 82: Jan/Feb 2020

# CONCEPTION D'UNE PLATEFORME PARTAGEE POUR LA GESTION DES RISQUES DE TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES

## I. Introduction

Grâce aux progrès technologiques récents, les accidents de la route sont considérablement réduits ces dernières années. Cependant, ils restent encore importants à cause de différents facteurs.

Aujourd'hui l'utilisation des nouvelles technologies dans le transport routier de marchandise est indispensable. Elle permet d'assurer le suivi du transporteur, de la vitesse d'acheminement et l'arrêt ou la circulation de véhicule.

Ce chapitre porte plusieurs objectifs importants, le premier objectif s'attache à modéliser les acteurs intervenants lors de l'opération de suivi de la consommation de chaque véhicule et en la comparant avec la consommation théorique afin d'analyser les différents écarts qui peuvent y exister. Le deuxième objectif est un nouveau paradigme basé sur l'échange d'informations entre le(s) véhicule(s) et le responsable plateforme, afin de détecter s'il y a un véhicule en mode arrêt. Par conséquent les véhicules les plus proches au véhicule accidenté. L'objectif est de renseigner le responsable transport sur la gravité de l'accident ou les causes de l'arrêt de véhicule et porter l'aide nécessaire au chauffeur. La plateforme développée assure une collaboration entre les chauffeurs et le responsable de la flotte de véhicule et réduit l'heure d'arrivée des services d'urgence en utilisant les communications véhiculaires. Le tracking de véhicule en coordination avec Google Map, permet de détecter l'arrêt de véhicule en temps réel. Ce qui permet au responsable de transport de contacter le(s) conducteur(s) les plus proches pour aider, sécuriser et débloquer la situation au cas de panne.

Ce chapitre suit trois étapes. Premièrement, nous avons présenté une description de problème qui justifie le pourquoi de notre proposition, deuxièmement nous avons présenté les différents outils et

langages utilisés dans notre phase de développement et finalement, nous avons élaboré une modélisation à l'aide du langage UML afin d'identifier les grands axes de notre plateforme.

## **II. Identification de besoin**

### **II.1. Description de besoin**

La Supply chain management consiste à intégrer les fonctions du réseau logistique et à coordonner les partenaires. Nous confirmons que pour une gestion efficace du réseau logistique, la bonne prise des décisions au sein d'une seule entité n'est pas suffisante. Il est donc nécessaire qu'à chaque niveau de la chaîne, les partenaires concernés prennent en compte l'impact de leurs actions sur les différents niveaux. L'impact du manque de coordination peut se sentir à plusieurs endroits de la chaîne: au niveau de l'approvisionnement, de la production, de la distribution, de la disponibilité de certains produits, du stockage, du transport, des relations entre partenaires de la chaîne etc... sans ignorer les facteurs externes de la chaîne liés à l'environnement, l'infrastructure, la réglementation...

Pour ces raisons, le besoin de coordonner les décisions est évident si l'on souhaite améliorer les performances globales et être en mesure de créer un avantage concurrentiel. Il est aussi évident que la tâche de coordination est très difficile à cause de la structure de la supply chain, des objectifs antagonistes des partenaires et de la difficulté de partage des informations. C'est pourquoi, dans la littérature, la plupart des recherches se sont concentrées sur l'intégration des sous-secteurs de la chaîne logistique et c'est rare les travaux qui cherchent la coordination globale et durable de toutes les activités la Supply chain.

Les activités de gestion requises par la SCM exigent d'avoir un système décisionnel qui s'appuie naturellement sur un système d'information pour piloter les flux d'informations générés par le flux physique. Pour faciliter cette prise de décision, le système d'information permet de récolter, de stocker, de transférer, de traiter, d'analyser et d'afficher les données issues des différents acteurs de la chaîne sous diverses formes (fichiers, mails, sms, etc.), ou production de tableaux de bords contenant des indicateurs de performances KPIs (Key Performance Indicator).

Dans un soucis d'amélioration des systèmes de gestion du flux d'information dans la chaîne logistique et d'un point de vue métier, la plupart des auteurs s'accordent sur le constat que la logistique a atteint un stade où il est plus que nécessaire de franchir un nouveau cap pour être en mesure d'adresser les nouveaux défis que ce métier doit affronter pendant les décennies à venir. Ce nouveau cap est imposé par des évolutions et transformations technologiques (EDI, Cloud computing, Internet des objets, Objets connectés, ...), économiques et sociétales marquantes dans presque tous les domaines et les secteurs clés de la logistique (gestion des stocks, transport, distribution, gestion



## II. Identification de besoin

---

des commandes, outsourcing, co-packaging, co-manufacturing, custom packaging, lot-sizing, service 3PL/4PL, ...). Ces évolutions technologiques et ces changements du contexte économique des affaires ont impacté autant les pratiques logistiques que les secteurs d'activités auxquels elles s'appliquent: pharmaceutique, hospitalière, logistique de production, transport de matières premières, transport de marchandises, logistique automobile, logistiques des biens et services, gestion des retours client, recyclage et gestion des déchets, logistique des produits dangereux, logistique militaire, etc.

Les systèmes d'information concernés regroupent tout ce qui implique: la production, les stocks, le transport et l'entreposage, les moyens de production (machines, personnels), la qualité, etc. Pour que ces outils deviennent vraiment opérationnels et efficaces, il a été nécessaire de les intégrer dans des plateformes de communication et d'échange de données informatisées.

Vue la complexité des tâches d'intégration et de coordination, les systèmes d'information, qui prennent en compte tous les paramètres qui interviennent dans le processus décisionnel, sont indispensables. C'est pourquoi des outils informatiques sont apparus pour gérer la supply chain aux différents niveaux, dès l'identification d'un besoin ou d'un dysfonctionnement. Plusieurs techniques et méthodes (GPA, ERP, SAP, TMS, CPFR ...) sont développées et mises en œuvre dans le cadre de la supply chain management (SCM) en vue de répondre à ce besoin.

L'intégration des systèmes d'informations dans la chaîne logistique est primordiale, elle assure la coordination, la traçabilité et l'optimisation des différentes opérations de la supply chain depuis l'amont vers l'aval, tout en synchronisant les données entre les différents services et acteurs de l'entreprise. Différents niveaux de collaboration, de coopération, de coordination, de communication et de partenariat ont été mis en place dans l'entreprise ces derniers temps afin de résoudre les différentes problématiques de gestion de la supply chain.

Les systèmes d'information sont devenus l'élément central de dispositif logistique. Il intervient à tous les niveaux décisionnels: stratégique, tactique et opérationnel.

Chacun des niveaux décisionnels de l'entreprise dispose d'un système d'information spécifique, nous pouvons citer :

- ERP: La planification des ressources d'entreprise (ERP)<sup>5</sup> fait référence à une offre logicielle intégrée qui gère les informations dans toute une organisation. Le logiciel peut inclure les fonctions financières, la fabrication, la SCM, les relations avec la clientèle, les ressources humaines, la gestion des actifs et les fonctions de back-office. Les applications logicielles ERP s'exécutent sur diverses plates-formes matérielles et logicielles et utilisent une base de données comme référentiel central d'informations.

---

<sup>5</sup> ERP : Entreprise Ressources Planning, [www.ibm.com](http://www.ibm.com)

- APS: Les APS (Advanced Planning System)<sup>6</sup> sont des outils spécialisés structurant la décision pour la planification de l'approvisionnement, de la production et de la distribution. Ils optimisent la planification et synchronisent les flux de la chaîne logistique en tenant compte simultanément d'un grand nombre de contraintes (ressources, capacités, délais, coûts, profits etc.).

- VMI ou CRP: La Gestion Partagée des Approvisionnements (GPA ou VMI pour Vendor Managed Inventory) et le programme de réapprovisionnement en continu (en anglais CRP pour Continuous Replenishment Program), nécessitent à la fois le partage d'informations, la coordination et l'intégration des processus entre acheteurs et fournisseurs. En général, les acheteurs partagent les informations sur la demande et l'état des stocks avec leurs fournisseurs (partage d'informations), afin que les fournisseurs puissent reprendre la fonction de contrôle des stocks et d'achat auprès des acheteurs (intégration des processus) (Yao et al., 2007). En (2008), Yao and Dresner ont présenté CPFPR (Collaborative Planning Forecasting and replenishment) comme un standard qui améliore le VMI et le CRP, en incorporant la prévision commune de la demande dans lesquelles la gestion de la demande, la planification de l'activité ainsi que le réapprovisionnement sont réalisés conjointement entre fournisseur et client (Yao and Dresner, 2008).

- WMS (Warehouse Management Systems): une catégorie de progiciels qui aident à la planification, optimisation et exécution des opérations d'entrepôt lors de la réception, la préparation, le stockage, l'expédition, l'inventaire et la gestion des volumes (Autry et al., 2005)

- TMS (Transport Management Systems): Les TMS sont les technologies de l'information utilisées pour planifier, optimiser et exécuter les opérations de transport. En général, les fonctions les plus centrales d'un TMS sont la planification et l'acheminement des expéditions, la sélection et l'évaluation des transporteurs et la gestion et l'analyse des coûts de transport (Autry et al., 2005).

En général, ces outils informatiques considèrent la supply chain comme un ensemble d'agents informatiques, où chacun est responsable d'une ou plusieurs activités de la gestion de la chaîne et où chaque agent interagit avec les autres dans la planification et l'exécution de leurs responsabilités. Les outils d'aide à la décision sont implémentés de manière progressive et organisationnelle de façon à ce que les activités de l'entreprise, puissent être suivies et contrôlées à plusieurs niveaux de granularité temporelle. De plus, les logiciels de gestion possèdent de plus en plus une intégration de fonctionnalités verticale, et aussi horizontale par la prise en compte des contraintes multi sites et des relations clients fournisseurs.

Les tests réalisés à ce jour sont très prometteurs et montrent qu'il est possible, en connectant les agents d'une architecture aux systèmes d'informations des acteurs (ERP à titre d'exemple) d'une

---

<sup>6</sup> APS (Advanced Planning System) [www.sap.com](http://www.sap.com)

## II. Identification de besoin

---

supply chain, d'apporter une aide importante dans la prise de décision collaborative en cas de situations d'urgence.

Le transport est une fonction primordiale dans les chaînes logistiques, il consiste à déplacer les produits entre deux entités de la chaîne. En particulier pour une entreprise, cette fonction est chargée de faire arriver les produits chez les clients en respectant certains critères. Comme pour toutes les autres fonctions, les coûts de transport sont loin d'être négligeables et l'impact de la sécurité routière et la minimisation des émissions en CO<sub>2</sub> est très important.

Ces dernières années, des efforts importants ont été déployés dans la recherche et le développement des systèmes visant à améliorer la sécurité des véhicules. C'est-à-dire, réduire le nombre des accidents et à éviter les embouteillages, selon l'article présenté par Tim et al, (2009). L'application des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans ce domaine, a constitué une étape cruciale vers la réalisation des objectifs déterminés. C'est le cas de la création des réseaux automobiles ou le développement des véhicules intelligents et des systèmes de transport intelligents (STI).

Afin de simuler ce type des systèmes, Fernández-Pacheco et al., ont proposé en (2012) de choisir des systèmes experts, tels que des systèmes à base d'agents qui sont développés rapidement en tant que paradigme de l'informatique puissant, pour traiter la complexité dynamique de certains systèmes distribués, comme par exemple la simulation de trafic présentée par Tao et Huang en (2009) et Hostos et al., en (2011). Ces simulations peuvent aider à optimiser les flux de circulation dans les villes, comme le démontrent plusieurs ouvrages de la littérature actuelle.

Nous avons la conviction que les avancées réalisées dans le domaine de l'informatique routière peuvent améliorer la communication des intervenants d'une chaîne logistique pour remédier aux risques émanant de leurs activités. De plus, la technologie agent et les techniques d'apprentissage et de gestion de connaissances représentent une solution prometteuse pour prendre en compte la nature distribuée et hétérogène des tâches liées au transport des marchandises.

Park et Kim(2001), par exemple, ont présenté une approche nouvelle pour résoudre une assignation de trafic dynamique basée sur des agents autonomes et appliquée dans le district de Gangnam à Séoul (Corée).

Król et Mrozek ont proposé en (2011) quelques modifications du réseau routier dans la ville de Wrocław (Pologne), afin d'améliorer le flux de trafic en utilisant une plate-forme multi-agents. Dans le même contexte Bui et al.,(2012) ont proposé un système de simulation de trafic basé sur des agents au Vietnam pour aider à la planification et aux tests de transport.

Dans ce contexte, le transport routier de marchandises a connu un grand engouement vu son efficience pour la mobilité de la marchandise dans le territoire national ou international. Ce mode de transport a été révolutionné par l'introduction des nouvelles technologies de sécurité et de traçabilité.

La conception et l'implémentation d'un système de sécurité et de traçabilité dépendant principalement de la finalité de son utilisation. Un système de traçabilité peut être conçu pour répondre à une nouvelle réglementation, qui impose l'intégration de cet outil à la sécurisation du transport de marchandises afin de limiter les aléas qui surviennent durant le transport et pour déterminer la responsabilité des acteurs d'une chaîne logistique. Par ailleurs, le système de traçabilité est un outil efficace pour améliorer la visibilité des flux physiques d'une chaîne logistique. Ce qui permet d'optimiser son fonctionnement et en conséquence améliorer sa performance.

Les besoins qui ont conduit au développement d'un système évoluent dans le temps, ce qui engendre des adaptations fréquentes afin de garantir sa pérennité. Ces modifications doivent tenir compte des concepts de base d'un système de traçabilité, qui se manifestent dans l'adaptation des processus de façon à définir des scénarios de fonctionnement qui permettent d'atteindre les nouveaux objectifs du système de traçabilité en termes, d'amélioration de la gestion des risques et également de la réduction des émissions en CO<sub>2</sub>.

Le transport de marchandises est souvent soumis à des contraintes et des exigences qu'ils doivent satisfaire en termes d'efficience, de sécurité et de sûreté de fonctionnement.

La plupart des problèmes complexes du monde réel, sont résolus à l'aide d'environnements distribués(Gómez-Sanz et al., 2002) et (Nicholas, 2001). Un grand système distribué pourrait être développé en identifiant les composants logiciels réutilisables, en les personnalisant pour répondre aux nouvelles exigences et en les intégrant au logiciel récemment développé selon Maturana et al., (2004). Il existe plusieurs ouvrages dans lesquels des systèmes intelligents sont utilisés pour éviter les embouteillages(Ohara et al., 2005). Cependant, ces ouvrages ne s'attachent pas à réduire le temps de secours des services d'urgence ni à exploiter les avantages liés à l'utilisation des capacités de communication entre véhicules. De plus, dans tous ces ouvrages, les auteurs ne considèrent qu'un scénario spécifique pour les simulations afin d'évaluer leur proposition, ce qui pourrait conduire à des résultats non représentatifs et à des conclusions erronées.

La sécurité routière pour le transport de marchandises représente un problème de santé publique de longue date, comme cité dans les articles suivants (Friswell and Williamson, 2010), (Smith and Williams, 2014) et (Torregroza-Vargas et al., 2014).

Les accidents de la route représentent un gros problème pour les conducteurs et un lourd fardeau pour l'économie de tous les pays. Un examen attentif des accidents de la route en Espagne, par

## II. Identification de besoin

---

exemple, montre que des nombreuses victimes et des graves problèmes de santé se produisent pendant la période écoulée entre l'accident et l'arrivée de l'assistance médicale Barrachina et al., (2014).

Par exemple, aux États-Unis, 8% de tous les décès sur les routes sont imputables à des accidents de véhicules lourds selon les statistiques de Kanazawa et al., (2006). Au Maroc également le secteur du transport des marchandises, souffre de plusieurs difficultés qui entravent son développement intégré. Les principaux blocages sont liés à l'organisation de la profession, à la relative insuffisance de l'infrastructure pour certaines de ses composantes, et au retard en matière des services logistiques, Ech-chelfi et El Hammoumi(2017a) .

L'environnement de travail prédispose les conducteurs de poids lourds à un certain nombre de conditions de travail dangereuses. A cela s'ajoute une exposition importante à l'environnement routier et des délais de livraison serrés. Le transport de marchandises subit plusieurs perturbations et risques imprévus de trajet. Le conducteur est parfois incapable d'informer le responsable de la cause de l'arrêt de véhicule qui peut être dû à un accident, une agression, une panne, un glissement ou autre.

La prise de l'information et l'envoi de la voiture d'urgence ou les véhicules proches à l'endroit pour assurer l'aide nécessaire, est un facteur important pour sauver le transporteur et également pour sécuriser la marchandise et le véhicule alors qu'un simple retard peut causer la mort du conducteur.

L'objectif de cette plateforme est de gérer les risques liés au transport de marchandises tout en prenant en compte l'aspect collaboratif au niveau d'une chaîne logistique et les activités qui pourraient être réalisées en amont de la livraison. Concernant la gestion des risques liés au transport routier de marchandises, une solution a été proposée en se basant sur la traçabilité et la géolocalisation en s'appuyant sur le traceur GPS. Le but de cette solution est d'améliorer la collecte des informations relatives à la gestion des risques fournies par les acteurs de la supply chain.

Au regard du développement durable (DD), le transport routier de marchandises joue un rôle économique et social important. Toutefois, son impact négatif par rapport à sa nuisance à l'environnement et au degré de sa sécurité, rendent sa reconfiguration nécessaire. La durabilité du secteur transport passe par la protection de l'environnement et par la protection des individus. Autrement dit, analyser la contribution du secteur de transport routier de marchandises dans une supply chain est une arme à double tranchants. Il faudra ainsi faire un équilibre coût-bénéfice-durabilité.

Pour cela, la plateforme présente un deuxième objectif primordial lié à la minimisation de la consommation énergétique et par conséquent la minimisation des émissions en CO<sub>2</sub>, nous visons à travers la plateforme faire le suivi de la consommation énergétique effective des véhicules et la comparer avec la consommation théorique liée à chaque véhicule, dont le but est de maîtriser et de

suivre le comportement de chaque conducteur sur la route et de proposer des plans d'actions au cas de besoin.

## II.2. Fonctionnalités ciblées

Les fonctionnalités attendues de la plateforme sont les suivantes :

- ✓ Enregistrer la consommation énergétique mensuelle de chaque véhicule.
- ✓ Comparer en temps réel la consommation prédite de véhicule avec la consommation réelle.
- ✓ Analyser le comportement du conducteur.
- ✓ Gérer les données de la flotte véhicule.
- ✓ Enregistrer les déplacements de différents conducteurs et leurs comportements sur les autoroutes.
- ✓ Enregistrer les statistiques liées aux caractéristiques des véhicules, le mois, l'année et le ratio de la consommation (L/100km).
- ✓ Minimiser le temps de la prise de décision de responsable transport.
- ✓ Faciliter la communication entre les conducteurs sur le même itinéraire.
- ✓ Offrir au conducteur l'itinéraire optimal.
- ✓ Contrôler le comportement du conducteur sur la route: vitesse, accélération, freinage...
- ✓ Détecter la position, l'état des véhicules, la vitesse, la consommation, les conducteurs, le lieu de proximité, la zone géographique, le trafic, etc.
- ✓ Visualiser instantanément toute la flotte avec un temps d'actualisation de 10 s.

## III. Conception de la plateforme à la base d'UML

### III.1. Les outils informatiques utilisés

#### III.1.1. Langage UML

Ces dernières années, le langage de modélisation unifié (UML) est devenu le plus populaire parmi les langages de modélisation. Le langage UML est couramment utilisé dans la conception et la mise en œuvre de toutes les architectures de systèmes et de logiciels selon Ranjini et al.,(2011).

Selon l'auteur Zhou (2004), UML est devenu un outil de modélisation à haut niveau pour l'ingénierie logicielle gratuite. L'outil décrit un système à partir de différentes phases, telles que la vue de cas d'utilisation, la vue logique, la vue de composant et la vue de déroulement. La vue des cas d'utilisation permet d'obtenir une compréhension à haut niveau du système en cours de construction. Elle représente ce que le système fera à l'aide d'un diagramme de cas d'utilisation, d'un diagramme de séquence, d'un diagramme de structure, etc.

### III. Conception de la plateforme à la base d'UML

---

Selon Weillkiens et al. (2011), le langage de modélisation unifié (UML) est un langage de modélisation normalisé. Il s'est imposé comme une norme mondiale. UML est une norme internationale spécifiée par l'OMG<sup>7</sup>. Ce langage permet de créer des modèles de système logiciels adaptés à des besoins spécifiques.

Le mot unifié signifie que le langage peut être utilisé pour des systèmes logiciels, appartenant à un grand nombre de domaines différents. Allant des systèmes commerciaux aux systèmes économiques, en passant par le développement des produits logiciels standards et des systèmes techniques. Le langage utilise des mécanismes d'extension contrôlés (stéréotypes) pour assurer une meilleure adaptation au domaine choisi.

#### III.1.2. Langage PHP

HyperText Preprocessor (PHP) est un langage de programmation utilisé principalement pour la création de sites Web. Selon Sklar, le PHP s'exécute généralement sur un serveur Web, il peut être utilisé par de nombreuses personnes à l'aide d'un navigateur Web, au lieu d'un programme exécuté sur un ordinateur de bureau pour une seule personne (2016).

Nous avons choisi PHP comme langage de développement pour plusieurs raisons, qui sont citées comme suit:

- La gratuité.
- Soutien solide: les sites Web de moyenne et petite échelle, même certains sites Web à grandes échelles, tels que baidu et Sina en Chine utilisent PHP comme langage de développement, ce qui peut contribuer à résoudre le problème lors de la programmation.
- Bonne portabilité: bien qu'il soit conçu pour être utilisé dans l'environnement Linux et le système de serveur Web Apache. PHP a déjà transplanté tout système d'exploitation et tout logiciel serveur web standard compatible.
- Grammaire simple: PHP présente de nombreuses similitudes avec le langage de programmation C, il est donc facile de programmer en PHP pour les programmeurs C.
- Développement rapide: le code source étant ouvert, PHP continuera à s'évoluer.

#### III.1.3. La base de données MYSQL

Une base de données est une application distincte qui stocke une collection de données. Chaque base de données possède une ou plusieurs API (Application Programming Interface) distinctes pour: créer, accéder, gérer, rechercher et répliquer les données qu'elle contient.

De nos jours, nous utilisons des systèmes de gestion de base de données relationnels (SGBDR) pour stocker et gérer un volume de données considérable. Cela s'appelle une base de données

---

<sup>7</sup> Organisme de normalisation international créé en 1989 à l'initiative des sociétés américaines

relationnelle, car toutes les données sont stockées dans différentes tables et les relations sont établies à l'aide des clés primaires ou d'autres clés appelées clés étrangères.

MySQL est un système de gestion de base de données relationnel (SGBDR) à code source libre et à accès libre, qui utilise le langage de requête structuré (SQL).

Le langage SQL est le langage le plus utilisé pour ajouter, accéder et gérer le contenu d'une base de données, il se distingue par son traitement rapide, sa fiabilité éprouvée, sa facilité d'utilisation et sa flexibilité. MySQL est une partie essentielle presque de toutes les applications PHP open source.

#### III.1.4. HTML& CSS

Le (HyperText Markup Language) HTML et le (Cascading Style Sheets) CSS, sont deux technologies de base pour la création des pages Web. Le langage HTML fournit la structure de la page et CSS fournit la mise en page (visuelle et auditive) pour une variété de périphériques. Outre les graphiques et les scripts, HTML et CSS sont la base de la création de pages Web et d'applications Web.

HTML donne aux auteurs le moyen de:

- Publier des documents en ligne avec des en-têtes, du texte, des tableaux, des listes, des photos, etc.
- Récupérer des informations en ligne via des liens hypertextes, en un clic.
- Concevoir des formulaires pour effectuer des transactions avec des services distants, pour rechercher des informations, faire des réservations, commander des produits, etc.
- Inclure des feuilles de calcul, des clips vidéo, des clips audio et d'autres applications directement dans leurs documents.

Cependant, CSS est le langage utilisé pour décrire la présentation des pages Web, y compris les couleurs, la mise en page et les polices. Il permet d'adapter la présentation aux différents types de périphériques, tels que les grands écrans, les petits écrans ou les imprimantes. CSS est indépendant du HTML, il peut être utilisé avec n'importe quel langage de balisage basé sur XML. La séparation de HTML et de CSS facilite la maintenance des sites, le partage de feuilles de style sur plusieurs pages et l'adaptation des pages à différents environnements.

#### III.2. La Modélisation de la consommation énergétique sur UML

Les informations en temps réel offrent de multiples avantages pour l'ensemble de la chaîne logistique, Fingar et Bellini en (2004) ont présenté de multiples domaines dans lesquels l'information en temps réel est utilisée, afin de résoudre certains problèmes.

Tandis que le diagramme de système d'agent montre l'organisation des agents dans le système global, le diagramme d'interaction d'agent indique la coordination entre les agents pour les différents



### III. Conception de la plateforme à la base d'UML

scénarios possibles. Ce diagramme d'interaction est représenté à l'aide de l'agent UML (AUML) selon le sujet de recherche de Odell en (2001). La coordination des agents au sein des groupes d'agents s'exprime à travers de messages échangés entre les agents dans l'exercice de leurs rôles.

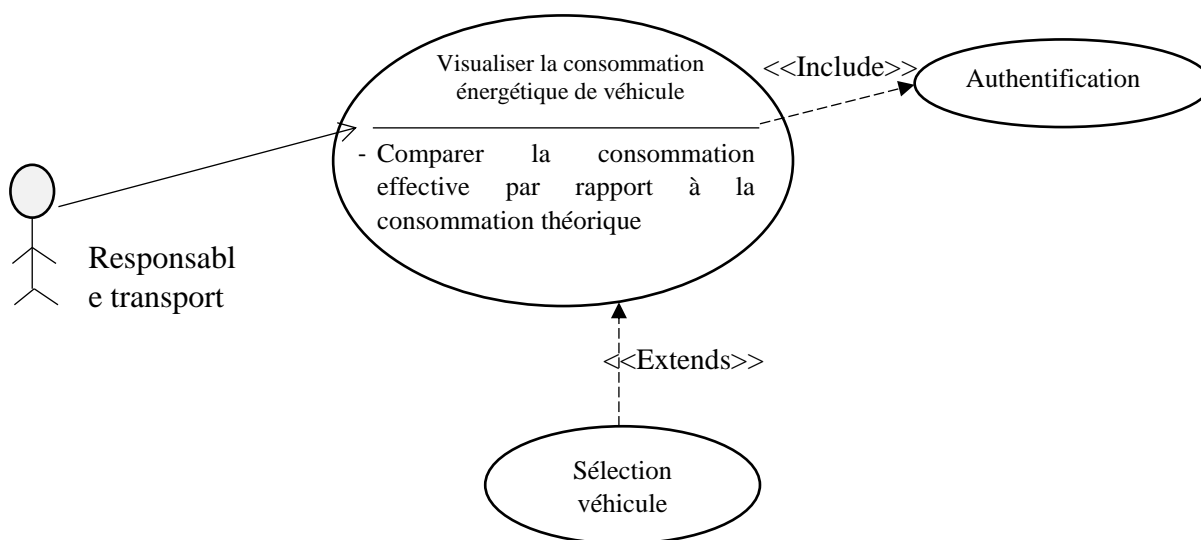
Selon Djelloul et al.(2012), UML est un langage qui utilise une notation graphique normalisée pour décrire les processus de gestion. Il s'agit d'une méthode de modélisation et de conception combinant les principales méthodes orientées objet, UML est un standard essentiel qui fournit des diagrammes pour présenter les différents points de vue présents dans la modélisation.

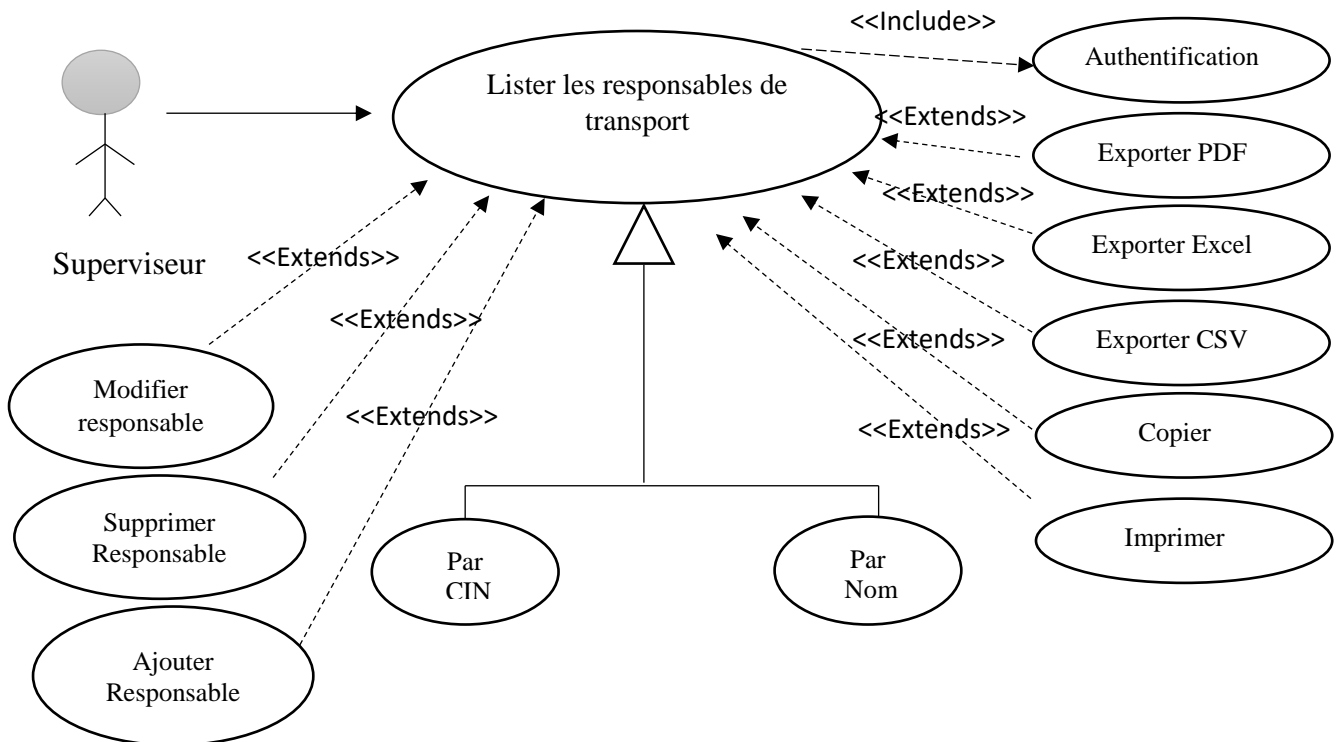
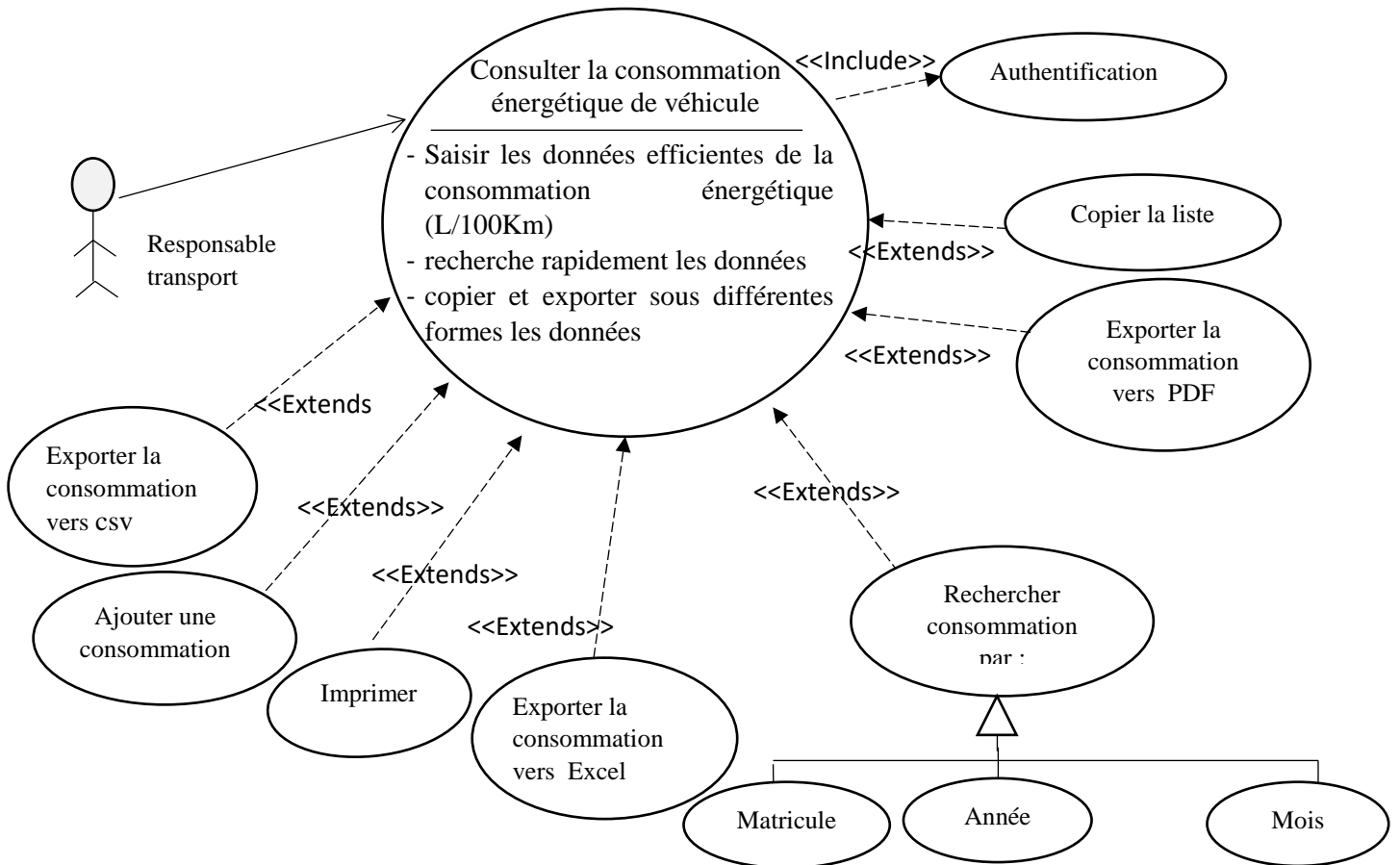
#### III.2.1. Diagramme cas d'utilisation

Selon la notation UML, les diagrammes de cas d'utilisation offrent un premier pas pour comprendre les interactions entre le système et ses différents acteurs comme le cas des travaux de Ech-chelfi et EL Hammoumi ( 2016) et Ranjini et al., (2011), où ils présentent les fonctions système du point de vue utilisateur avec de petits caractères et ils symbolisent des cas d'utilisation avec des formes elliptiques.

Le diagramme de cas d'utilisation figure 35, nous montre la présence de deux acteurs principaux:

- L'administrateur de l'application: c'est le responsable de transport, il accède à la zone du suivi de la consommation énergétique et c'est lui qui peut exercer les différentes opérations concernant la saisie des données, l'impression, l'enregistrement des fichiers sous différents formats (CSV, Excel, PDF...). Il peut aussi ajouter des nouvelles données concernant les chauffeurs.
- Le superviseur: c'est un supérieur hiérarchique qui peut mettre à jour la liste des chauffeurs et la liste des véhicules.





### III. Conception de la plateforme à la base d'UML

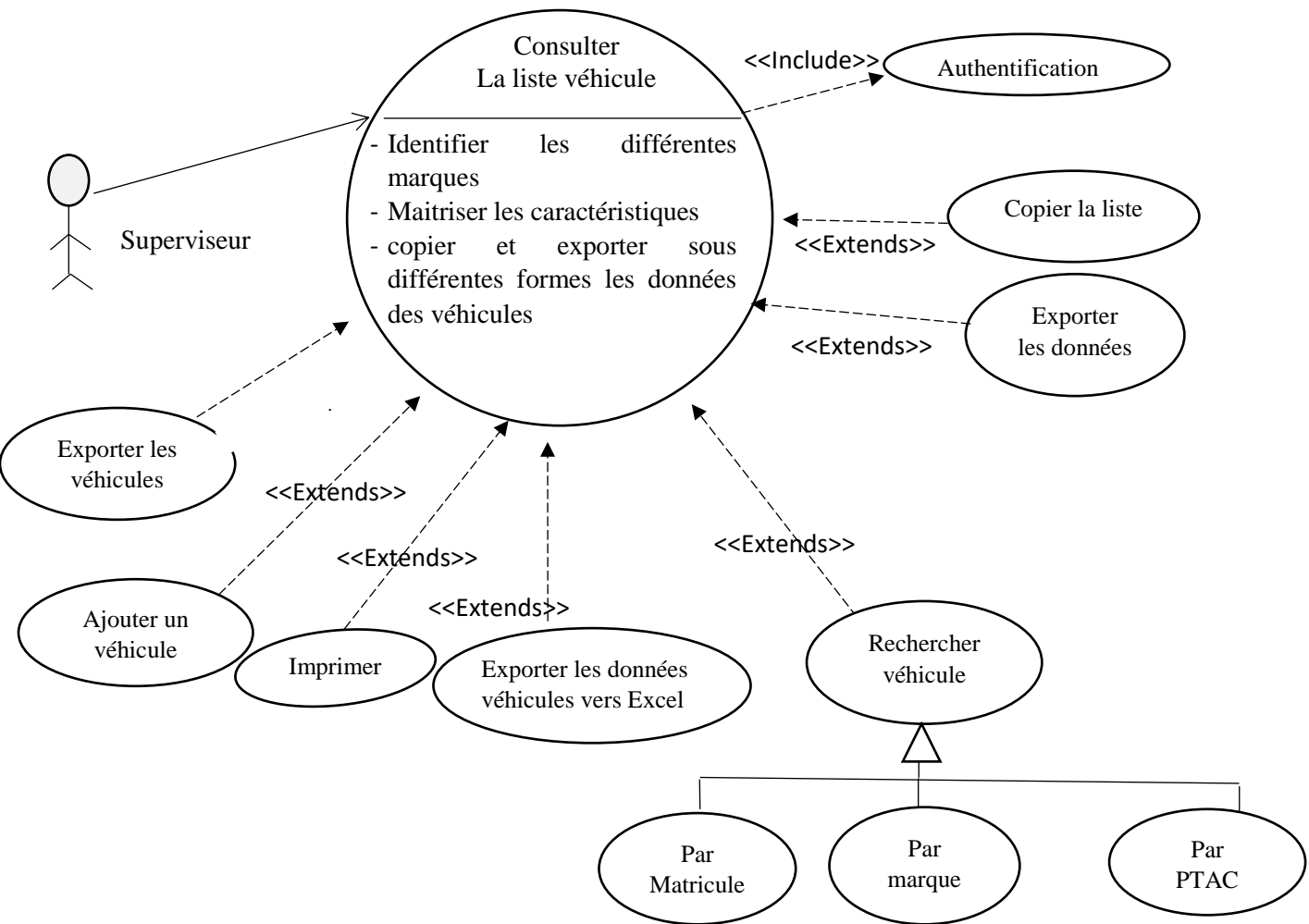


Figure 35: Diagramme d'utilisation pour le calcul de la consommation énergétique

#### III.2.2. Diagramme classe

Les diagrammes de classes complètent les diagrammes de cas d'utilisation cités ci-dessus. C'est un type de diagramme de structure statique qui décrit la structure en montrant les classes du système: leurs attributs et les relations entre les classes. Etant donné que le diagramme de classes est la pierre angulaire de la modélisation orientée objet, il est utilisé selon Bauer et Odell, à la fois pour la modélisation conceptuelle générale de l'application et pour la traduction des modèles en code de programmation (2005).

La figure 36, désigne le diagramme classe de la plateforme. Dans ce diagramme, chaque superviseur authentifié peut superviser un ou plusieurs responsables de transport. Cette opération est possible à l'aide des rapports périodiques sur l'état de véhicules, la consommation et les différentes anomalies. De même un chauffeur a la possibilité de conduire un véhicule ou plusieurs selon sa disponibilité et la planification de responsable transport.

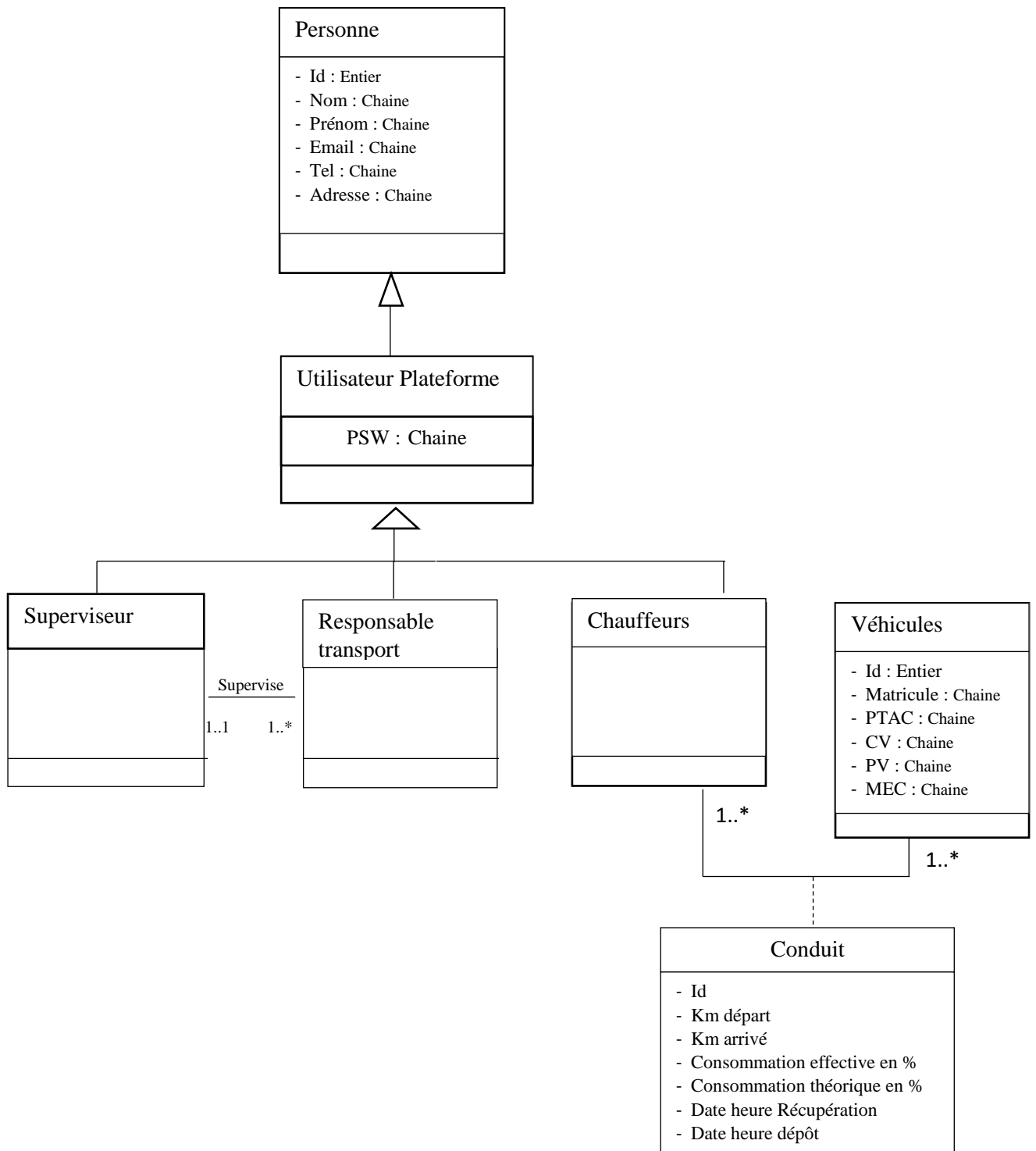


Figure 36:diagramme classe pour le calcul de la consommation énergétique

#### III.3. La Modélisation du tracking véhicule sur UML

##### III.3.1. Diagramme cas d'utilisation

Le diagramme de cas d'utilisation figure 37, nous montre la présence de deux acteurs principaux:

- L'administrateur de l'application: c'est lui qui prend la décision finale en terme de l'affectation de(s) véhicules, contact des chauffeurs, consultation de Google Maps pour le suivi des véhicules, la saisie des données des chauffeurs sur la plateforme et à la fin c'est lui qui assure la communication en temps réel avec les autres acteurs.
- Chauffeurs: il y a deux catégories des chauffeurs, la première catégorie contient le(s) chauffeur(s) bloqué(s) sur route dû à un accident, une maladie, une agression... la deuxième catégorie contient les chauffeurs les plus proches à l'endroit du premier chauffeur et qui peuvent intervenir pour l'aider.

Google Maps nous a facilité la tâche dans le sens de connaître les coordonnées  $(x_i, y_i)$  des emplacements géographiques. Par la suite la zone Tracking développée affiche les différents véhicules connectés à la plateforme et suit leur acheminement.

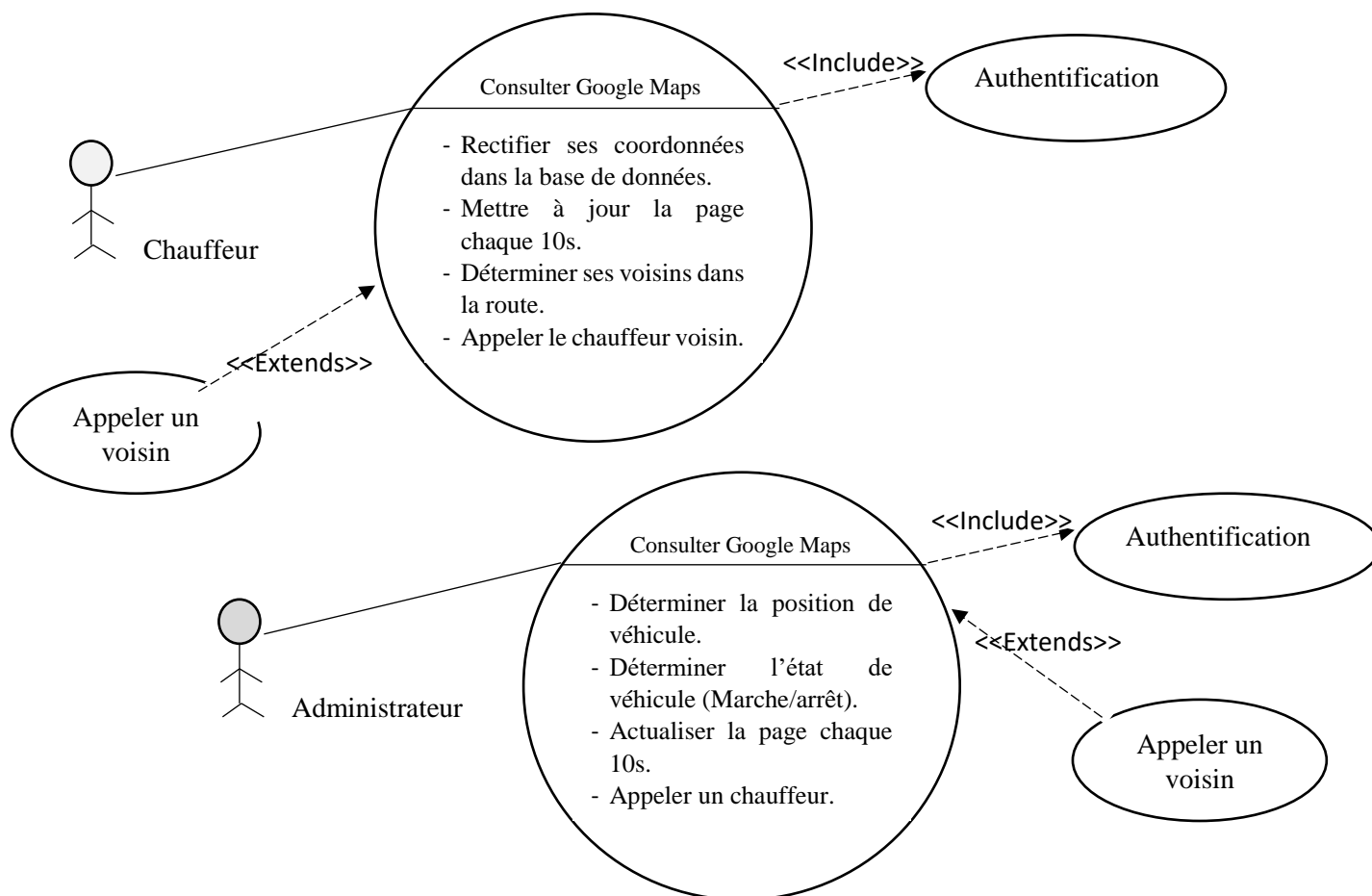
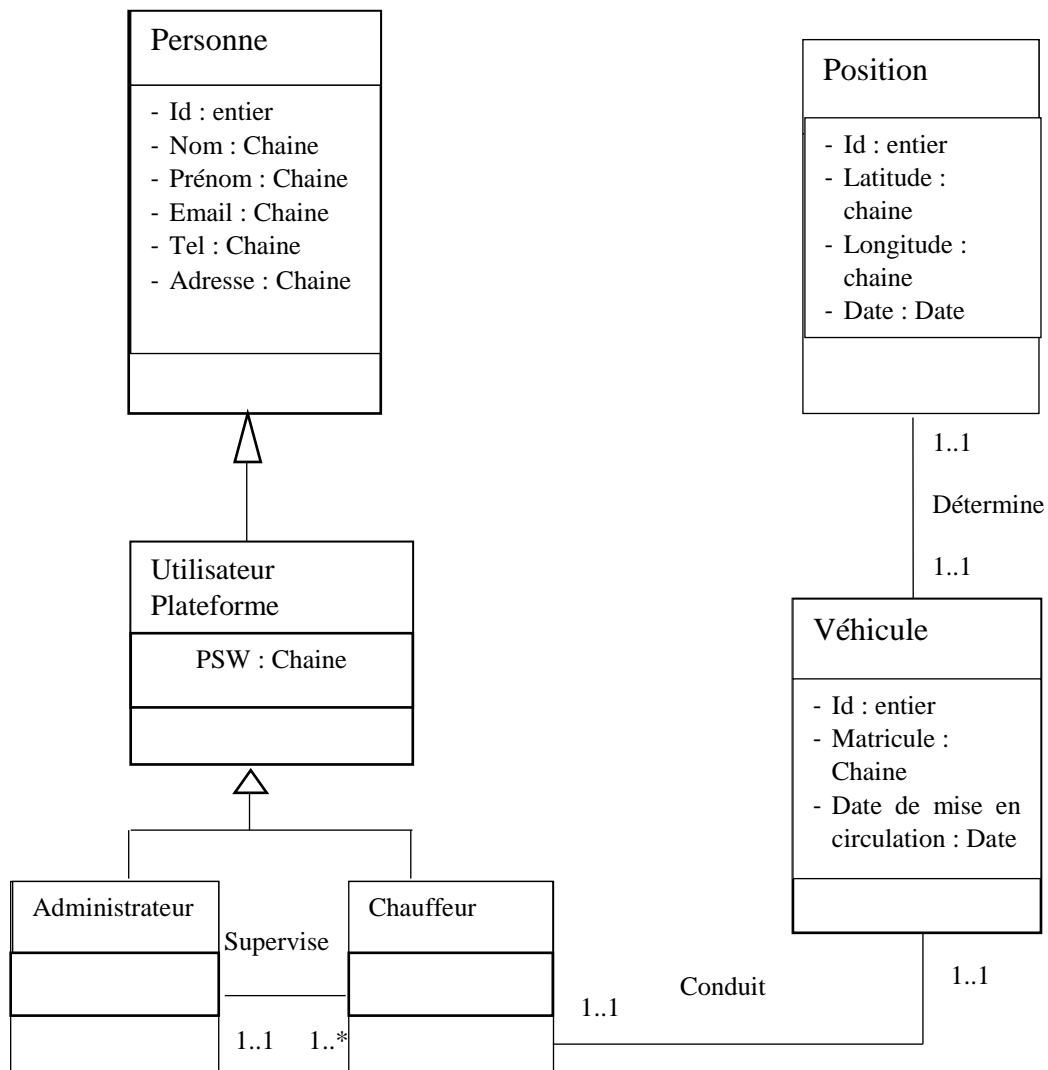


Figure 37: Diagramme de cas d'utilisation (auteurs)

III.3.2. Diagramme classe



**Figure 38: Diagramme classe (auteurs)**

La figure 38, est une projection conceptuelle de modèle développé sur le diagramme classe afin d’interconnecter les différents acteurs intervenants dans le suivi des véhicules sur route au système et à la base de donnée.

### IV. Conclusion

Tout au long de ce chapitre, nous avons exposé les différents besoins auxquels doit répondre la plateforme informatique que nous avons développée, notre modélisation s'est basée sur le langage UML. Ce langage de modélisation nous a permis d'établir les différentes présentations nécessaires pour le développement de l'application à savoir le diagramme classe et le diagramme de cas d'utilisation.

Dans ce chapitre nous avons identifié notre besoin du développement de la plateforme informatique. La spécification de besoin et les fonctionnalités nous ont aidés à modéliser les interactions qui existent entre les différents acteurs intervenants dans la plateforme.

La modélisation est faite en deux volets. Le premier c'est la modélisation UML de la partie consommation énergétique à l'aide du diagramme d'utilisation et du diagramme classe. Le deuxième volet concerne la partie de tracking véhicule sur le territoire marocain avec les mêmes choix de diagrammes.

L'identification de besoin, la conception et le choix de langage du développement sont des étapes primordiales pour réussir la réalisation et la simulation de la plateforme informatique. La plateforme vise à guider le responsable de transport de garder des traces avec un suivi mensuel de la consommation énergétique. Elle vise aussi un suivi régulier de comportement des conducteurs sur route, la plateforme assure également la possibilité au responsable d'être en communication en temps réel avec les différents conducteurs, afin d'avoir plus d'informations liées à la circulation ou au blocage de véhicule sur route.

## REALISATION ET SIMULATION DE LA PLATEFORME

### I. Introduction

La plateforme proposée dans le chapitre 5, a un double rôle: le premier c'est l'enregistrement de la consommation de gasoil mensuelle, en présentant une comparaison instantanée avec la consommation théorique calculée à l'aide de modèle mathématique, qui est développé dans le chapitre 4. Le deuxième rôle de la plateforme est la détection de l'emplacement géographique des différents véhicules. C'est une solution intéressante offerte au responsable transport, afin de coordonner avec les différents chauffeurs et se renseigner sur l'état de la route, le climat, la congestion, les accidents etc. Cette communication rapide permet de minimiser les risques de la route et d'éviter le retard inhérent. Pour réussir l'objectif de ce chapitre, nous avons choisi le langage PHP pour réaliser le premier et le deuxième volet de la plateforme.

### II. Réalisation

HyperText Preprocessor (PHP) devient le principal langage du développement du site Web des petites et moyennes entreprises (Yu and Yi, 2010). Il présente plusieurs avantages déjà signalés dans le chapitre précédent. Dans cet axe nous allons présenter quelques étapes du développement du code de la consommation énergétique :

- ✓ Mettre les informations concernant le(s) administrateur(s) de l'application.
- ✓ Remplir les informations techniques de chaque véhicule surtout, le PTAC, PV, CV, MEC.
- ✓ Remplir les informations concernant les conducteurs.
- ✓ Donner la main à l'utilisateur de saisir la consommation réelle.
- ✓ Afficher avec requêtes SQL server, suite au modèle développé dans le chapitre 4.
- ✓ Afficher des graphiques indiquant deux courbes de la consommation réelle et prédite.



## II. Réalisation

- ✓ Calculer l'écart entre les deux types de la consommation.

Les étapes de développement du code de modèle de tracking:

- ✓ Remplir la table localisation par les coordonnées récentes des véhicules (latitude, longitude) avec une image explicative de l'état de véhicule (arrêt, marche)
- ✓ Remplir la table des chauffeurs (noms, tél, email..) enregistrée dans la base de données de la plateforme, figure 39.
- ✓ Transformer la table de localisation PHP vers la table de localisation java script pour qu'elle soit utile au niveau de la carte.
- ✓ Diminuer le zoom pour permettre à l'administrateur de visualiser un ensemble de véhicules tous à la fois, figure 40.
- ✓ Récupérer la position courante de chauffeur connecté et rediriger Current latitude et Current longitude vers la page insertion position pour insérer les nouvelles coordonnées dans la base de donnée, figure 41.

id	chauffeur_engin	prenom	email	tel
1	Mercedes	Addibouni kamal	Addibouni@gmail.com	07983
2	Mitshibichi	Tabour ahmed	tabour@gmail.com	09843
3	Renault	Mokdad kamal	Mokdad@gmail.com	03299
4	Citerne	Ech chelfi	wiame@gmail.com	06589
5	Mercedes	lazrak alae	lazrak@gmail.com	06190
6	Renault	Lakhal miloud	lakhal@gmail.com	06561

Figure 39: Base de données chauffeurs

```
1 <?php
2 session_start();
3
4 $db=new PDO("mysql:host=localhost;dbname=dbprojet","root","");
5 $u="n";
6 $rs= $db->query("SELECT * FROM position where idChauffeur=".$_SESSION['id']);
7 if($row=$rs->fetch()){
8
9     if(round($row['latitude'], 5)==round($_GET['latitude'],5) and round( $row['longitude'],5)==round($_GET['longitude'],5) ) {
10         $db->exec("update position set image='process-stop.png' where idChauffeur=".$_SESSION['id']);
11         header("location:index.php");
12         $u="o";
13     }
14 }
15 if($u=="n"){
16 $db->exec("delete from position where idChauffeur=".$_SESSION['id']);
17 $db->exec("INSERT INTO position VALUES (0,'batat','".$_GET['longitude'].",".$_GET['latitude'].','tata','".$_SESSION['id'].','54887.png')");
18 echo "INSERT INTO position VALUES (0,'batat','".$_GET['longitude'].",".$_GET['latitude'].','tata','".$_SESSION['id'].','54887.png')";
19 header("location:index.php");
20 }
```

**Figure 40: Code HTML pour l'affichage des véhicules selon l'emplacement géographique (auteurs)**

```

63     var origin = new google.maps.LatLng(locations[0][2], locations[0][3]);
64     function initialize() {
65         var mapOptions = {
66             zoom: 12,
67             center: origin
68         };
69         map = new google.maps.Map(document.getElementById('map-canvas'), mapOptions);
70
71         infowindow = new google.maps.InfoWindow();
72
73         for(i=0; i<locations.length; i++) {
74             var position = new google.maps.LatLng(locations[i][2], locations[i][3]);
75             var marker = new google.maps.Marker({
76                 position: position,
77                 map: map,
78                 icon: locations[i][5]
79             });
80             google.maps.event.addListener(marker, 'click', (function(marker, i) {
81                 return function() {
82                     infowindow.setContent(locations[i][1]);
83                     infowindow.setOptions({maxWidth: 200});
84                     infowindow.open(map, marker);
85                 }
86             })(marker, i));
87             Markers[locations[i][4]] = marker;
88         }
89         locate(0);
90         setTimeout("send()",100000);
91     }
92     function locate(marker_id) {
93         var myMarker = Markers[marker_id];
94         var markerPosition = myMarker.getPosition();
95         map.setCenter(markerPosition);
96         google.maps.event.trigger(myMarker, 'click');
97     }

```

**Figure 41: Tracking des positions des véhicules en coordination avec Google Maps (auteurs)**

### III. Architecture de la plateforme

#### III.1. Interface d'authentification

Afin de mettre en œuvre une politique de sécurité qui contrôle l'échange d'informations, par l'intermédiaire d'un ordinateur personnel ou d'un système informatique, il devrait exister un mécanisme qui permet d'identifier de manière unique chaque utilisateur des systèmes du réseau, c'est uniquement de cette manière que les droits d'accès de chaque utilisateur du système peuvent être déterminés et contrôlés. Ce processus d'identification et de vérification d'un "principal" (par exemple, un utilisateur) sur le réseau est appelé "authentification", figure 42.

### III. Architecture de la plateforme

Colonne	Type	Fonction	Null	Valeur
id	int(11)	<input type="text"/>		<input type="text" value="2"/>
Nom	varchar(30)	<input type="text"/>		<input type="text" value="admin2"/>
Prenom	varchar(30)	<input type="text"/>		<input type="text" value="admin2"/>
Email	varchar(40)	<input type="text"/>		<input type="text" value="admin2@gmail.com"/>
psw	varchar(20)	<input type="text"/>		<input type="text" value="admin2"/>
super_admin	varchar(10)	<input type="text"/>		<input type="text" value="Oui"/>

**Figure 42: L'interface d'ajout d'utilisateur**

La méthode d'authentification d'utilisateur consiste à utiliser un mot de passe confidentiel. Selon cette méthode chaque utilisateur du système, se voit attribuer un mot de passe secret, nous supposons que seul cet utilisateur a accès au mot de passe. Une liste est ensuite maintenue en mémoire dans l'ordinateur personnel ou dans la mémoire du système informatique, laquelle correspond à chaque utilisateur son mot de passe.

Pour authentifier un utilisateur selon cette méthode, un processus exécuté sur l'ordinateur personnel ou sur le système informatique invite généralement l'utilisateur à taper son nom d'utilisateur et son mot de passe, si le mot de passe saisi correspond au mot de passe stocké pour cet utilisateur, le processus conclut que l'utilisateur est bien celui qu'il dit être. Il peut donc se connecter à l'ordinateur personnel ou au système informatique. En d'autres termes, généralement la saisie d'un mot de passe correct "authentifie" l'utilisateur figure 43.

**Login**

EMAIL

MOT DE PASSE

souviens moi

Vous n'avez pas un compte? contactez  
l'administrateur

**Figure 43: Interface d'authentification**

### III.2. Interface de la plateforme

L'interface globale figure 44, est une interface web facile à accéder qui contient des onglets à gauche contenant la zone entreprise, fournisseurs, véhicules, chauffeurs, produits, stock etc. Avec un simple clic sur chaque onglet nous pouvons accéder facilement pour ajouter d'informations et consulter les différentes listes demandées. En haut il y a le bouton Tracking qui nous amène à une nouvelle fenêtre traitant particulièrement la circulation des véhicules sur Google Map, ainsi les différents emplacements des véhicules avec un temps d'actualisation automatique de (10s).

id	vehicule	marque	model	date_achat	km_initial	PV	PTAC	MEC	CV	
6	94405	MERCEDES	2040	2013-09-06	0	6.65	40	2013	32	
7	94406	MERCEDES	2040	2013-09-06	0	6.65	40	2013	32	
8	60140	MERCEDES	2040	2008-06-09	0	6.84	40	2008	32	
9	60139	MERCEDES	2040	2008-06-24	0	6.84	40	2008	32	
10	35055	MERCEDES	2040	2004-04-05	0	6.84	40	2004	32	
11	33851	MERCEDES	2040	2004-01-13	0	6.84	40	2004	32	
12	36287	MERCEDES	2040	2004-06-07	0	6.84	40	2004	32	
13	37184	VOLVO	FM	2004-07-26	0	7.84	40	2004	32	
14	3811	VOLVO	F10	1997-02-28	0	7.12	38	1997	26	

Figure 44:Architecture de la plateforme

### III.3. Interface véhicules

La figure 45 permet à l'utilisateur de remplir les données techniques de différents véhicules de l'entreprise. Les données techniques récupérées des véhicules sont bien exploitables comme des données d'entrées dans la phase de calcul de la consommation énergétique théorique (chapitre 4). Dans cette phase l'opération de calcul et de comparaison entre la consommation théorique et effective est bien informatisée.

### III. Architecture de la plateforme

---

id*	<input type="text" value="0"/>
vehicule*	<input type="text" value="Entrer vehicule"/>
marque *	<input type="text" value="HINO"/>
model *	<input type="text" value="KERAX"/>
date_achat*	<input type="text" value="jj/mm/aaaa"/>
km_initial*	<input type="text" value="Entrer km_initial"/>
PV*	<input type="text" value="Entrer PV"/>
PTAC*	<input type="text" value="Entrer PTAC"/>
MEC*	<input type="text" value="Entrer MEC"/>
CV*	<input type="text" value="Entrer CV"/>
	<input type="button" value="Enregistrer"/>

Figure 45: Interface d'ajout des véhicules

#### III.4. Interface chauffeurs

Plusieurs recherches ont donné de l'importance au comportement de conducteur et de leur impact sur la consommation énergétique. Nous avons essayé à travers la figure 46, d'enregistrer une base de données liée aux conducteurs. Cette identification à travers le nom et le N° téléphone aide le responsable de transport de rejoindre le conducteur et de lui communiquer en toute rapidité. De même l'identification par ville peut guider le responsable lors de l'affectation des véhicules aux conducteurs.

id*	<input type="text" value="0"/>
transporteur*	<input type="text" value="Entrer transporteur"/>
telephone*	<input type="text" value="Entrer telephone"/>
ville *	<input type="text" value="Fes"/>
	<input type="button" value="Enregistrer"/>

Figure 46: Interface ajout nouveau transporteur

### III.5. Interface de la consommation énergétique

L'objectif de la figure 47, est de faire le suivi régulier de la consommation énergétique de chaque véhicule et de la comparer avec la consommation théorique. Les résultats obtenus sont déjà validés par l'indicateur  $R^2$  de modèle de régression multiple linéaire.

Il y a plusieurs raisons de l'écart existant entre la consommation théorique et effective, parmi les grandes causes nous déclarons l'absence des facteurs comme la vitesse, l'accélération, la pente de la route comme démontré dans le chapitre 2 avec le modèle (MEET) ...

L'absence de ces facteurs peut générer même de perturbations dans notre modèle théorique. Ainsi nous ne pouvons pas négliger l'impact du comportement de conducteur sur route, qui peut influencer également la consommation effective.

id*	<input type="text" value="0"/>
vehicule *	<input type="text" value="35055"/>
annee*	<input type="text" value="Entrer annee"/>
mois*	<input type="text" value="Entrer mois"/>
Ratio Reel : *	<input type="text" value="Entrer ratio"/>
	<input type="button" value="Enregistrer"/>
Ratio Theorique :*	<input type="text" value="Ratio Theorique"/>
Ecart:*	<input type="text" value="Ecart"/>

Figure 47: interface de suivi de la consommation énergétique

### IV. Proposition des scénarios

#### IV.1. scénarios pour le calcul de la consommation énergétique

Si l'écart calculé dans la figure 48, est différent de 0 cela veut dire que Ratio réel  $\neq$  Ratio théorique. Cela peut être justifié par la nature du trajet (route nationale ou autoroute), la pente de la route (positive ou négative), la saison, les conditions climatiques, la manière de conduite de chauffeur et également les considérations prises pour développer le modèle théorique etc. L'ensemble de ces facteurs peut générer un écart positif ou négatif et à ce niveau le superviseur avec les autres responsables de transport doivent fixer l'écart acceptable à tolérer. La figure 49 présente l'affichage graphique de la consommation énergétique de chaque véhicule sélectionné. Cet affichage aide à identifier le niveau d'écart mensuel entre la consommation prédite et la consommation réelle. L'étape de suivi de la consommation est primordiale dans toute méthode de résolution et d'amélioration. Elle assure l'optimisation et la durabilité de processus transport de l'entreprise.

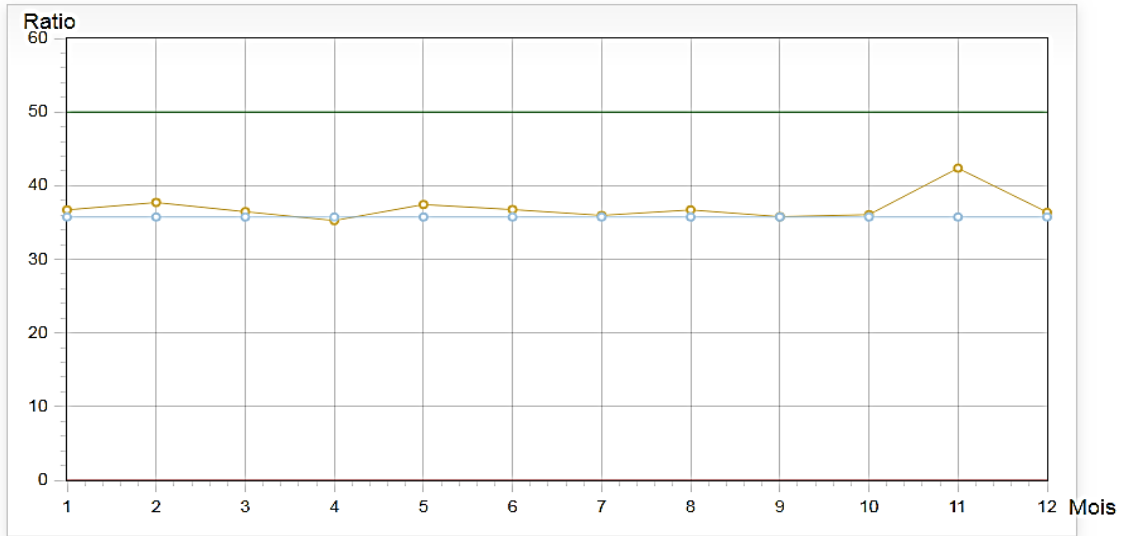
id*	<input type="text" value="0"/>
vehicule *	<input type="text" value="94405"/>
annee*	<input type="text" value="2019"/>
mois*	<input type="text" value="9"/>
Ratio Reel : *	<input type="text" value="36"/>
	<input type="button" value="Enregistrer"/>
Ratio Theorique :*	<input type="text" value="35.7062"/>
Ecart:*	<input type="text" value="0.2937999999999974"/>

**Figure 48: Affichage d'écart entre la valeur effective et théorique**

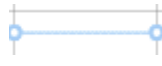
### Vehicules :


94405 ▾

la consommation énergétique mensuelle (L/100KM)



A

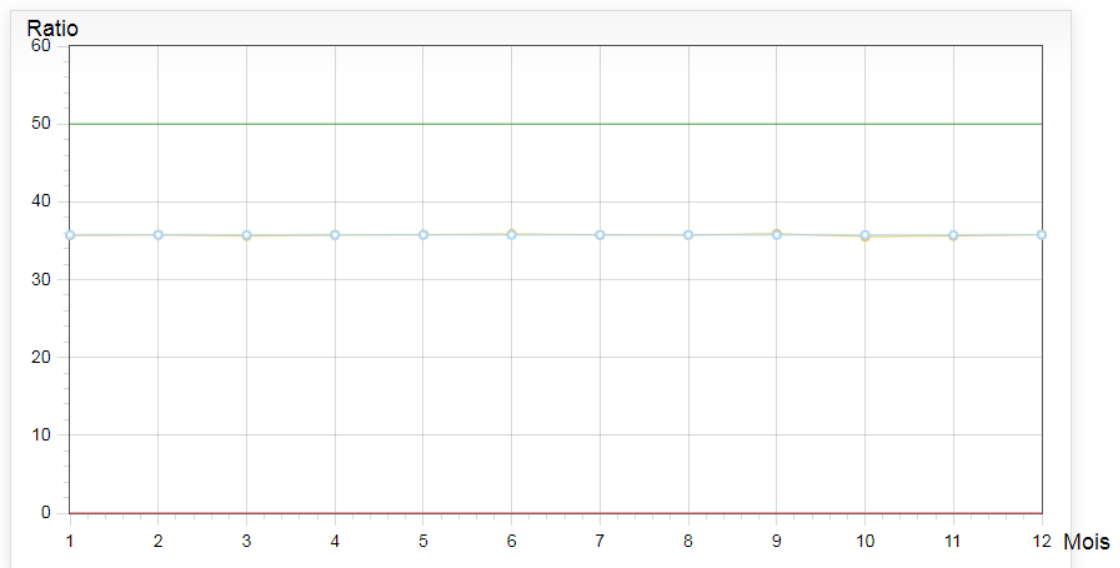
 : La consommation prédite

 : La consommation réelle

### Vehicules :

94406 ▾

la consommation énergétique mensuelle (L/100KM)



B



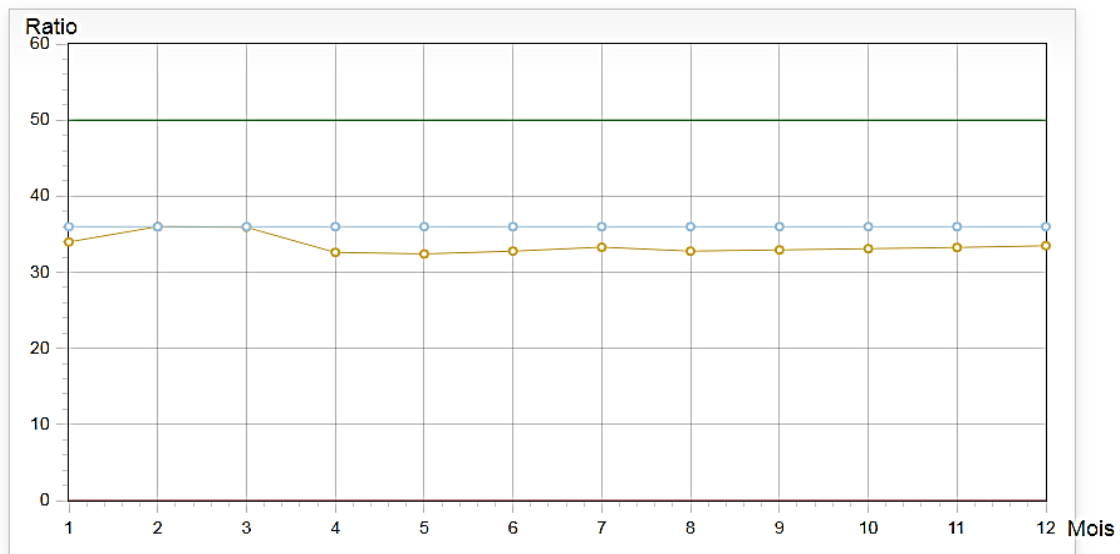
## IV. Proposition des scénarios

---

### Vehicules :

60140 ▾

la consommation énergétique mensuelle (L/100KM)

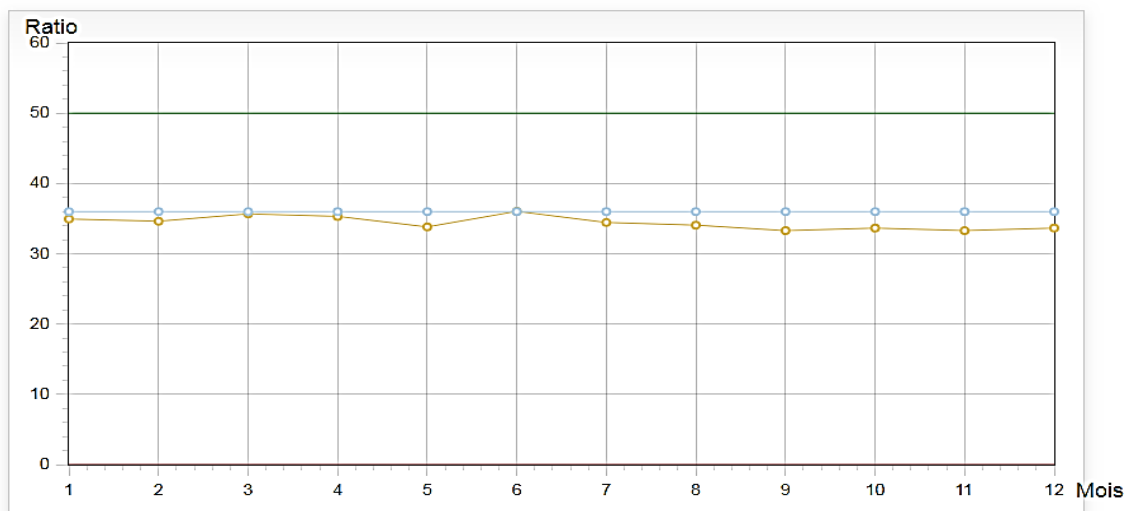


C

### Vehicules :

60139 ▾

la consommation énergétique mensuelle (L/100KM)

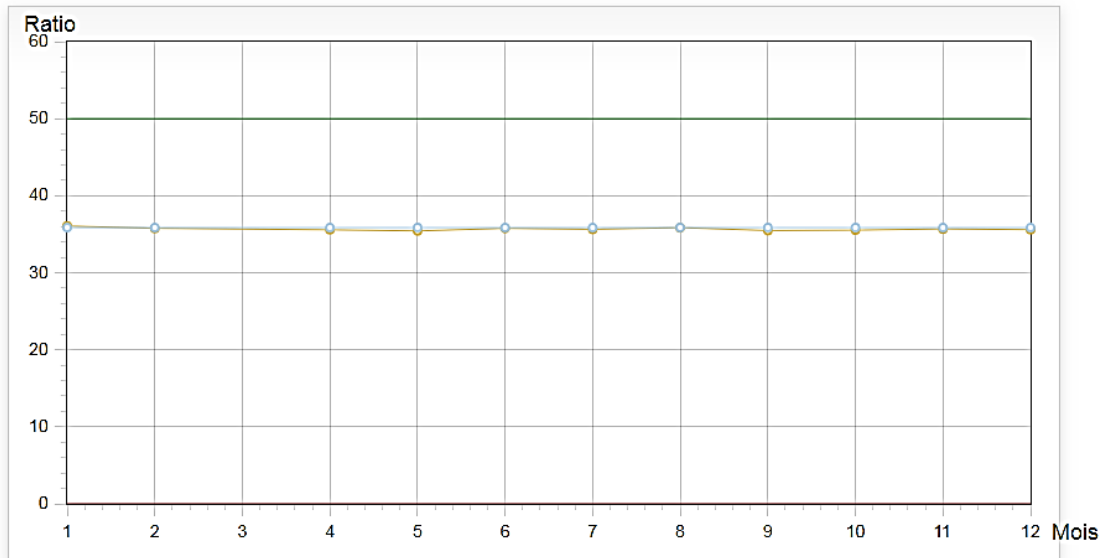


D

Vehicules :

35055 ▾

la consommation énergétique mensuelle (L/100KM)



**E**

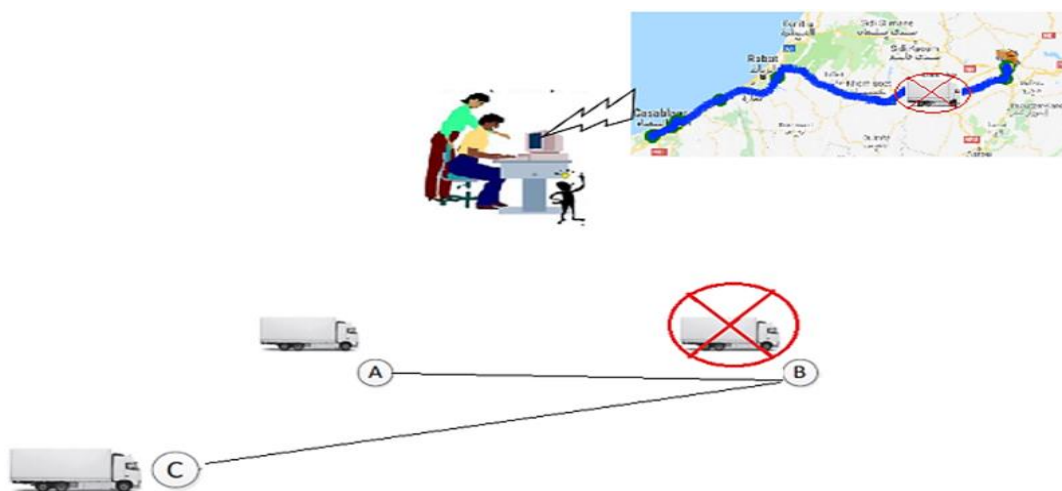
**Figure 49: Le suivi mensuel d'un groupe de véhicules proposés (A, B, C, D, E)**

IV.2. Scénarios de suivi de véhicules

L'onglet de suivi de déplacement des véhicules sur les autoroutes, permet à l'administrateur de détecter l'emplacement des différents véhicules (A, B, C, D, E...) et de détecter l'arrêt inattendu d'un véhicule. Dans la figure 50 par exemple, nous remarquons l'arrêt du véhicule B. Face à cette situation, le responsable de transport doit localiser également les autres véhicules (A, C...) les plus proches au véhicule bloqué(B), selon l'algorithme Dijkstra, et de les communiquer afin de rejoindre le véhicule B. Cette opération permet d'apporter de l'aide nécessaire, ou de fournir plus d'informations sur les causes de l'arrêt. C'est un modèle concret de transfert de l'information en temps réel sans perte de temps surtout que la rapidité dans ce cas, peut sauver la vie de conducteur et assurer sa sécurité sur la route.

## IV. Proposition des scénarios

---



**Figure 50: scénario simplifié de modèle proposé**

Dans le cas normal de la circulation, l'application ne déclenche aucun message c'est juste l'affichage des positions de véhicules avec les différents emplacements géographiques figure 51. Une fois que l'un des véhicules s'arrête une croix rouge s'allume pour attirer l'attention de l'administrateur et à ce niveau-là, il y a l'intervention de responsable de la flotte pour contacter le transporteur du véhicule bloqué. Par la suite, une communication avec les autres chauffeurs peut être envisagée figure 52. Cette phase du développement garantit la traçabilité de l'information, la coordination verticale et la rapidité de l'exécution.



Figure 51: Circulation normale des véhicules

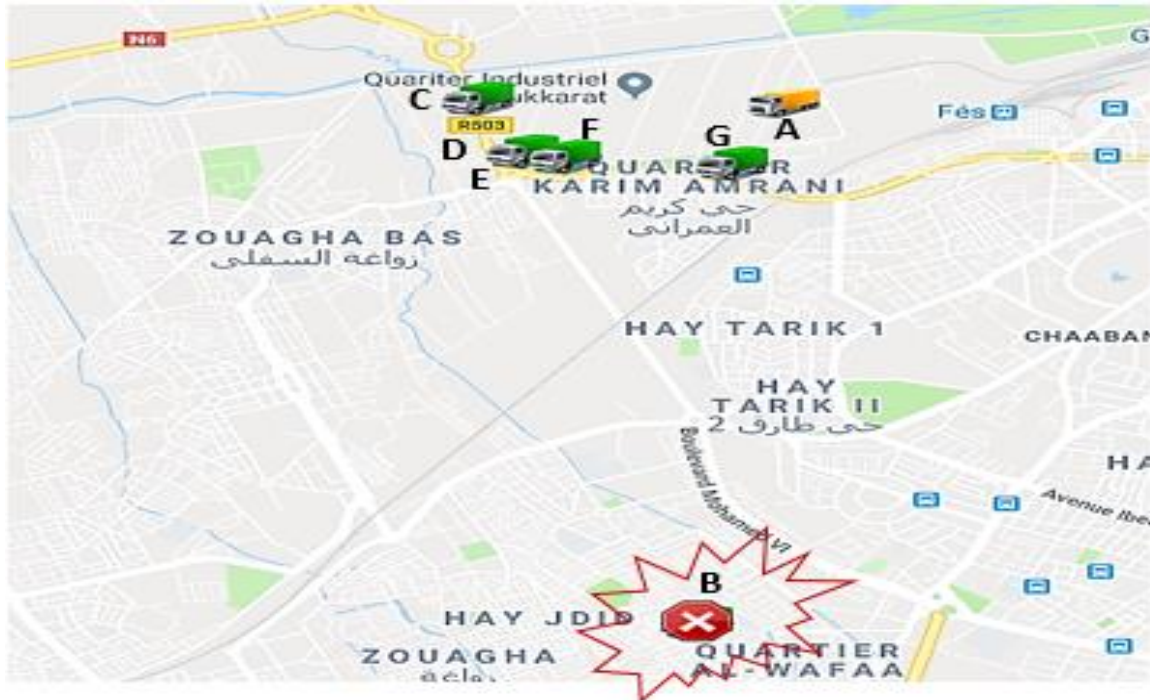


Figure 52: Arrêt de véhicule (auteurs)

### V. Conclusion

Nos recherches découlent de la nécessité de définir des nouveaux outils pour la gestion des risques véhicules en temps réel. Dans ce chapitre, nous avons proposé un cadre méthodologique pour la réalisation et la simulation de l'arrêt et déplacement des véhicules en coordination avec Google Map. Ajouté à cela, un calcul et affichage des outils de mesure de la consommation de gasoil. Ce cadre méthodologique s'enracine dans le domaine de la gestion des risques de transport routier de marchandises, la sécurité des conducteurs, de marchandises et de véhicules.

La simulation est réalisée avec une architecture logicielle originale basée sur le langage PHP avec d'autres outils informatiques, exploitant la collaboration entre responsable de la flotte véhicule – l'administrateur de l'application- et les conducteurs connectés à la plateforme logicielle. Quelques premiers résultats de simulation sont obtenus, concernant l'estimation de la consommation de gasoil en (L/100Km) avec une comparaison entre la valeur effective et théorique. Il faut souligner également la simulation de la circulation des véhicules à travers la génération de leurs positions, puis l'affichage d'un cas d'arrêt de l'un des véhicules, ensuite le comportement de responsable pour sécuriser et débloquer cette situation. Cette proposition constitue une étape de collaboration initiale vers une simulation complète des acteurs de la chaîne logistique avec un objectif commun qui est la gestion des risques de transport routier de marchandises et la minimisation de la consommation énergétique.

## CONCLUSION GENERALE

### I. Conclusions

Au terme de ce travail, il convient de revoir le parcours de cette thèse, d'en tirer les conclusions à propos de la réponse à la problématique traitée, de distinguer les principaux apports qui ont été les nôtres et de valider les solutions proposées.

La vocation majeure de ce travail de recherche, traduite par ce manuscrit a été particulièrement centrée autour de la gestion des risques liés au transport routier de marchandises. Ce manuscrit présente une combinaison entre la théorie et la pratique dont la mesure de rendre service à l'entreprise, à l'environnement et à l'être humain.

Sans nul doute, le transport routier de marchandises revêt une importance majeure dans la dynamique économique. Son importance découle, d'une part, de sa contribution au fonctionnement des marchés de produits, des facteurs de production et d'autre part, de son apport en matière d'amélioration des indicateurs macroéconomiques du pays.

L'étude de l'état de l'art a porté sur des travaux de recherches liés au développement durable, la logistique et le transport routier de marchandises. Les articles ont été analysés en fonction de leurs caractéristiques principales et de leur contenu. Notre contribution est double : premièrement, nous avons pu fournir un processus d'examen structuré qui peut être utilisé comme guide pour des recherches antérieures sur le sujet du développement durable, de la logistique et du transport routier de marchandises ; et deuxièmement, nous avons mis en évidence un certain nombre d'articles pour des enquêtes et travaux futurs. Le résultat de cette recherche bibliographique montre que le nombre de travaux de recherche examinant et abordant en même temps le transport routier de marchandises dans une SCM et l'approche du développement durable est très réduit.

Par la suite nous avons présenté une étude comparative des modèles de calcul des émissions de CO<sub>2</sub> abordés par différentes recherches traitant les risques et les facteurs influençant ces émissions. Cette étude nous a permis de choisir le modèle le plus adéquat à notre démarche qui est le MEET. Ce modèle nous l'avons appliqué à base des scénarios simplifiés. Les résultats obtenus ont pu confirmer l'impact de la vitesse, de la pente de route, du taux de chargement de véhicule, et la classe de véhicule choisie pour le transport routier de marchandises.

Pour apporter des réponses vis-à-vis de l'intégration des entreprises de l'approche environnementale dans le TRM, une enquête a été menée à base d'un questionnaire ayant l'objectif d'analyser la situation d'un échantillon de 30 entreprises inscrites ou non dans une approche

## I. Conclusions

---

environnementale, particulièrement la certification ISO 14001 et les efforts de ces entreprises en matière de prévention et de formation des employés sur le sujet de transport routier des marchandises. L'objectif est de connaître le mode de transport le plus utilisé pour les entreprises marocaines, et aussi d'analyser pour les différentes sociétés qui fonctionnent à l'échelle régional, local, national ou international leur niveau d'engagement dans l'approche environnementale et leur niveau d'adoption et d'application de standards de certification environnementale ISO 14001.

Les résultats obtenus sont traités sur le logiciel statistique SPSS qui nous a permis de traduire et de traiter la corrélation et la régression entre les différentes variables. Les réponses obtenues étaient attendues, nous avons enregistré pour cet échantillon 66.7% des sociétés qui n'ont jamais fait une analyse du risque et plus de la moitié de ces sociétés a confirmé qu'elle n'assure pas des formations du personnel sur la prévention des risques de transport routier de marchandises. La majorité n'est pas familiarisée avec les standards de la certification ISO 14001. Ces résultats obtenus montrent la négligence de plusieurs entreprises surtout marocaines de l'approche environnementale dans leur processus de développement ce qui pourrait engendrer des accidents de la route.

Après cette étude, une modélisation de la chaîne logistique globale selon les trois niveaux du modèle SCOR a été proposée. Cette modélisation est basée sur trois volets ; le premier c'est sa présentation organisationnelle dans une chaîne logistique globale suite au référentiel SCOR. Le deuxième volet est le développement d'un programme à base du langage Java, afin de présenter le chemin optimal grâce à l'algorithme Dijkstra. Enfin le dernier volet prend en considération l'impact technique de véhicule et l'impact de comportement de conducteur sur la consommation énergétique. Les trois volets assurent une meilleure complémentarité car proposer une bonne solution revient à maîtriser le statut du TRM dans toute la chaîne, et permet de choisir le trajet approprié avec les caractéristiques du moyen utilisé.

La conception d'une plateforme informatique a fait l'objet de la dernière partie de ce travail de thèse. Cette solution innovante est un outil de prise de décision efficace pour les professionnels de la logistique et assure aux chercheurs scientifiques une base permettant d'intégrer l'approche environnementale. En effet la mise en place d'un système de Tracking dans les entreprises marocaines à la base des systèmes informatiques est une décision stratégique pour les entreprises. Ce système aide ces entreprises à prendre de bonnes décisions et de garder la traçabilité du parcours de leurs véhicules. Cette plateforme informatique permet de comparer en temps réel la consommation énergétique prédite avec la consommation effective de chaque conducteur et pour chaque véhicule. Elle permet aussi de faire le tracking des véhicules en temps réel ce qui peut guider par la suite le responsable de transport à détecter l'emplacement des différents véhicules et d'intervenir en cas de besoin.

## II. Perspectives

Le partage d'information dans les chaînes logistiques peut être considéré à différents niveaux (stratégique, tactique ou opérationnel) et selon différents points de vue (économique, technologique, environnemental, sécurité, confidentiel, etc.).

Un point clef de cette thèse est sa concentration sur un type particulier de suivi. Le suivi de la consommation énergétique des véhicules et le tracking, afin de sécuriser l'opération de transport routier de marchandises sur les autoroutes, tout en assurant la collaboration entre les différents acteurs concernés de la chaîne logistique.

Des recherches futures peuvent porter sur :

- ✓ La collaboration avec plusieurs entreprises dans le cadre de la minimisation de la consommation de gasoil.
- ✓ La mise en place d'une étude approfondie pour déterminer les facteurs et risques qui augmentent la fréquence et la gravité des accidents.
- ✓ Le diagnostic des autres enjeux stratégiques intervenant dans la performance de la chaîne logistique.
- ✓ La prise en considération d'autres facteurs liés au comportement du conducteur et les opérations logistiques dans les modèles de régression multiple.
- ✓ Des études avant et après pour évaluer l'effet de l'insertion de la plateforme informatique sur les statistiques de la sécurité routière.
- ✓ L'alimentation de la plateforme par des données liées au chargement de véhicule et le groupement des commandes pour une utilisation optimale de moyens de transport.

Cette thèse, par la méthodologie, par les modèles développés, par les analyses effectuées ainsi que la plateforme informatique générée peut donc être la base de nombreuses recherches futures aux perspectives prometteuses, tant d'un point de vue académique qu'industriel.



**BIBLIOGRAPHIE**

- Ageron, B., Gunasekaran, A., Spalanzani, A., 2012. Sustainable supply management: An empirical study. *International Journal of Production Economics* 140, 168–182.
- Aggarwal, P., Jain, S., 2015. Impact of air pollutants from surface transport sources on human health: A modeling and epidemiological approach. *Environment International* 83, 146–157.
- Ahuja, R.K., Mehlhorn, K., Orlin, J., Tarjan, R.E., 1990. Faster algorithms for the shortest path problem. *Journal of the ACM* 37, 213–223.
- Aitken, J., 1998. Supply chain integration within the context of a supplier association : case studies of four supplier associations.
- Akcelik, R., 1983. Progress in fuel consumption modelling for urban traffic management. *Australian Road Research Board* 124, 56.
- Akçelik, R., Besley, M., 2003. Operating cost , fuel consumption , and emission models in aaSIDRA and aaMOTION. ResearchGate.
- Al-Jebouri, M.F.A., Saleh, M.S., Raman, S.N., Rahmat, R.A.A.B.O.K., Shaaban, A.K., 2017. Toward a national sustainable building assessment system in Oman: Assessment categories and their performance indicators. *Sustainable Cities and Society* 31, 122–135.
- Alan McKinnon, Sharon Cullinane, Browne, M., Whiteing, A., 2010. *Green Logistics: Improving the environmental sustainability of logistics*, The Chartered Institute of Logistics and Transport (UK).
- Alwakiel, H.N., 2011. Leveraging Weigh-In-Motion ( WIM ) Data to Estimate Link-Based Heavy-Duty Vehicle Emissions 120.
- Andrés, L., Padilla, E., 2015. Energy intensity in road freight transport of heavy goods vehicles in Spain. *Energy Policy* 85, 309–321.
- Andrey, J., Mills, B., Leahy, M., Suggett, J., 2003. Weather as a chronic hazard for road transportation in Canadian cities. *Natural Hazards* 28, 319–343.
- Artusi, R., Verderio, P., Marubini, E., 2002. Bravais-Pearson and Spearman correlation coefficients: Meaning, test of hypothesis and confidence interval. *International Journal of Biological Markers* 17, 148–151.
- Autry, C.W., Griffis, S.E., Goldsby, T.J., Bobbitt, L.M., 2005. **WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEMS: RESOURCE COMMITMENT, CAPABILITIES, AND**

- ORGANIZATIONAL PERFORMANCE. *JOURNAL OF BUSINESS LOGISTICS* 26, 165–183.
- Avci, M.G., Selim, H., 2016. Computers in Industry A multi-agent system model for supply chains with lateral preventive transshipments : Application in a multi-national automotive supply chain. *Computers in Industry* 82, 28–39.
- Awasthi, A., Grzybowska, K., Hussain, M., Chauhan, S.S., Goyal, S.K., 2014. Investigating Organizational Characteristics for Sustainable Supply Chain Planning Under Fuzziness. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 81–100.
- Baglin, G., Bruel, O., Garreau, A., Greif, M., Delft, C. Van, 2001. *Management industriel et logistique*, 3eme édit. ed.
- Bako, A. et kas, P., 1977. Determining the k-th shortest path by matrix method. *Sigma* 10, 61–66.
- Bandura, A., 1986. The Explanatory and Predictive Scope of Self-Efficacy Theory. *Journal of Social and Clinical Psychology* 4, 359–373.
- Barbati, M., Bruno, G., Genovese, A., 2012. Applications of agent-based models for optimization problems: A literature review. *Expert Systems with Applications* 39, 6020–6028.
- Barrachina, J., Garrido, P., Fogue, M., Martinez, F.J., Cano, J.C., Calafate, C.T., Manzoni, P., 2014. Reducing emergency services arrival time by using vehicular communications and Evolution Strategies. *Expert Systems with Applications* 41, 1206–1217.
- Barth, M., Younglove, T., Scora, G., 2005a. Development of a Heavy-Duty Diesel Modal Emissions and Fuel Consumption Model. California PATH Research Report UCB-ITS-PR, 123.
- Barth, M., Younglove, T., Scora, G., 2005b. Development of a heavy-duty diesel modal emissions and fuel consumption model. PATH Research Report 113.
- Bauer, B., Odell, J., 2005. UML 2 . 0 and agents : how to build agent-based systems with the new UML standard 18, 141–157.
- Baumard, P., Donada, C., Ibert, J., Xuereb, J., 2003. La collecte des données et la gestion de leurs sources. In: *Méthodes de Recherche En Management*, 2ème Édition Dunod. pp. 224–256.
- Baumgartner, M., Léonardi, J., Krusch, O., 2008. Improving computerized routing and scheduling and vehicle telematics: A qualitative survey. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 13, 377–382.
- Benard, V., Cauffriez, L., Renaux, D., 2008. The Safe-SADT method for aiding designers to

- choose and improve dependable architectures for complex automated systems. *Reliability Engineering and System Safety* 93, 179–196.
- Bendul, J.C., Rosca, E., Pivovarov, D., 2016. Sustainable supply chain models for base of the pyramid. *Journal of Cleaner Production* 1–14.
- Bigazzi, A., Bertini, R., 2009. Adding Green Performance Metrics to a Transportation Data Archive. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2121, 30–40.
- Borgwardt, K.M., Kriegel, H.-P., 2005. Shortest-path kernels on graphs. *IEEE International Conference undefined*.
- Bowyer, D.P., Akcelik, R., Biggs, D.C., 1985. Guide to Fuel Consumption Analysis for Urban Traffic Management. *ARRB Transport Research Special Re*, 98.
- Brahim-djelloul, S., Estampe, D., Lamouri, S., 2012. CADRE DE MODELISATION POUR LE PILOTAGE DYNAMIQUE DU TRANSPORT ROUTIER A L ' AIDE DE TECHNOLOGIE RFID. *archives-ouvertes*.
- Brander, A.W., Sinclair, M.C., 1996. A Comparative Study of k-Shortest Path Algorithms. In: *Performance Engineering of Computer and Telecommunications Systems*. Springer London, London, pp. 370–379.
- Bui, T.D., Ngo, D.H., Tran, C., 2012. Multi-agent Based Simulation of Traffic in Vietnam. *Springer, Berlin, Heidelberg*, pp. 636–648.
- Bulletin officiel, N., 2018. Bulletin officiel n°5878 1431, 1–39.
- Button, Kenneth, and W.R., 1993. Global environmental degradation: The role of transport. *Transport, the environment and sustainable development* 19–52.
- Cai, X., Lu, J.J., Xing, Y., Jiang, C., Lu, W., 2013. Analyzing Driving Risks of Roadway Traffic under Adverse Weather Conditions: In Case of Rain Day. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 96, 2563–2571.
- Capron, M., Quairel, F., 2006. Évaluer Les Stratégies De Développement Durable Des Entreprises : L'Utopie Mobilisatrice De La Performance Globale. *Revue de l'organisation responsable* 1, 5–17.
- Caputo, A.C., Fratocchi, L., Pelagagge, P.M., 2006. A genetic approach for freight transportation planning. *Industrial Management & Data Systems* 106, 719–738.
- Carraresi, P., Sodini, C., 1983. A binary enumeration tree to find K shortest paths. . In : *Proc. 7th Symp. operations research* 177-188.
- Carrese, S., Gemma, A., La Spada, S., 2013. Impacts of Driving Behaviours, Slope and Vehicle Load Factor on Bus Fuel Consumption and Emissions: A Real Case Study in the City of

- Rome. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 87, 211–221.
- Carrese, S., Mantovani, S., Nigro, M., 2014. A security plan procedure for Heavy Goods Vehicles parking areas: An application to the Lazio Region (Italy). *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 65, 35–49.
- Carvalho, H., Govindan, K., Azevedo, S.G., Cruz-machado, V., 2017. Modelling green and lean supply chains : An eco-efficiency perspective. “Resources, Conservation & Recycling.”
- Caterpillar, 2006. Understanding tractor-trailer performance.
- Caunhye, A.M., Nie, X., Pokharel, S., 2012. Optimization models in emergency logistics: A literature review. *Socio-Economic Planning Sciences* 46, 4–13.
- Chaabane, A., Ramudhin, A., Paquet, M., 2011. Designing supply chains with sustainability considerations. *Production Planning and Control* 22, 727–741.
- Change, C., 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report. *International Panel on Climate Change* 4.
- Chapman, R., 1973. The concept of exposure. *Accident Analysis and Prevention* 5, 95–110.
- Chatfield, D.C., Harrison, T.P., Hayya, J.C., 2009. SCML : An information framework to support supply chain modeling. *European Journal of Operational Research* 196, 651–660.
- Cherkaoui, A., 2016. Pratiques RSE des PME au Maroc : une analyse perceptuelle auprès des dirigeants casablancais. *Question(s) de management* 14, 13.
- Cholette, S., Venkat, K., 2009. The energy and carbon intensity of wine distribution: A study of logistical options for delivering wine to consumers. *Journal of Cleaner Production* 17, 1401–1413.
- CHRISTOPHER, M., 1999. *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service (Second Edition)*. *International Journal of Logistics Research and Applications* 2, 103–104.
- Chung, E., Ohtani, O., Warita, H., Kuwahara, M., Morita, H., 2005. Effect of rain on travel demand and traffic accidents. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC* 1080–1083.
- Chung, J., Kyung, Y., Kim, J., 2016. Optimal sustainable road plans using multi-objective optimization approach. *Transport Policy* 49, 105–113.
- Cidell, J., 2012. Sustainable transportation: Accessibility, mobility, and derived demand. *Sustainability: A Comprehensive Foundation* 566–576.
- Ciliberti, F., Pontrandolfo, P., Scozzi, B., 2008a. Investigating corporate social responsibility in supply chains : a SME perspective. *Journal of Cleaner Production* 16, 1579–1588.
- Ciliberti, F., Pontrandolfo, P., Scozzi, B., 2008b. Investigating corporate social responsibility in

- supply chains : a SME perspective 16, 1579–1588.
- Combe, J.P., McCord, T.B., Tosi, F., Ammannito, E., Carrozzo, F.G., De Sanctis, M.C., Raponi, A., Byrne, S., Landis, M.E., Hughson, K.H.G., Raymond, C.A., Russell, C.T., 2016. Detection of local H<sub>2</sub>O exposed at the surface of Ceres. *Science* 353.
- Consiglio, A., & Pecorella, A., 1995. Using simulated annealing to solve the K-shortest path problem. In Proc. conf. Italian assoc. operations research.
- Cooper, M.C., Lambert, D.M., Pagh, J.D., 1997. Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *The International Journal of Logistics Management* 8, 1–14.
- Council, N.R., 2008. Potential Impacts of Climate Change on US Transportation: Special Report 290. Transportation Research Board.
- Council, W.E., 2007. Transport Technologies and policy Scenarios to 2050. World Energy Council (World Ener). London, United Kingdom.
- Couper, M.P., 2001. The promises and perils of web surveys. In : ASC international conference on survey research methods. 35–56.
- Croom, S., Romano, P., Giannakis, M., 2000. Supply chain management : an analytical framework for critical literature review. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 6, 67–83.
- Darlington, R.B., Hayes, A.F., 2016. Regression Analysis and Linear Models: Concepts, Application and Implementation, The Guilford Press.
- Davydenko, I.Y., 2015. Logistics Chains in Freight Transport Modelling.
- Dekker, R., Bloemhof, J., Mallidis, I., 2012. Operations Research for green logistics - An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research* 219, 671–679.
- Deloach, J.W., 2000. Enterprise-wide risk management: strategies for linking risk and opportunity. Financial Times Prentice Hall.
- Demir, E., 2012. Models and algorithms for the pollution-routing problem and its variations 141.
- Demir, E., Bektaş, T., Laporte, G., 2014a. A review of recent research on green road freight transportation. *European Journal of Operational Research*.
- Demir, E., Bektaş, T., Laporte, G., 2011. A comparative analysis of several vehicle emission models for road freight transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 16, 347–357.
- Demir, E., Bektaş, T., Laporte, G., 2012. An adaptive large neighborhood search heuristic for the Pollution-Routing Problem. *European Journal of Operational Research* 223, 346–359.
- Demir, E., Bektaş, T., Laporte, G., 2014b. The bi-objective Pollution-Routing Problem.

- European Journal of Operational Research 232, 464–478.
- Demir, E., Bektaş, T., Laporte, G., 2014c. A review of recent research on green road freight transportation. *European Journal of Operational Research* 237, 775–793.
- Demir, E., Bektaş, T., Laporte, G., 2014d. A review of recent research on green road freight transportation. *European Journal of Operational Research* 237, 775–793.
- DEPF, E., 2013. Le secteur de transport des marchandises : Contraintes et voies de réformes. Ministère de l'économie et des finances, direction des études et des prévisions financières.
- Devos, S., Cox, B., van Lier, T., Nawrot, T.S., Putman, K., 2016. Effect of the shape of the exposure-response function on estimated hospital costs in a study on non-elective pneumonia hospitalizations related to particulate matter. *Environment International* 94, 525–530.
- Didier, Michel, Prud'homme, Rémy, Guesnerie, R., et al., 2007. Infrastructures de transport, mobilité et croissance. La Documentation française.
- Dijkstra, E., 1959. A note on two problems in connexion with graphs. *Numer. Math.* 1 269-271.
- Dilts, D., Boyd, N., 1991. The evolution of control architectures for automated manufacturing systems. *Journal of manufacturing Systems-Elsevier*.
- Direction des Etudes et des Prévisions Financières, 2013. Evaluation des impacts macroéconomiques de la réforme du Secteur de transport marocain.
- Djelloul, S.B., Estampe, D., Lamouri, S., 2012. Real-time information management in supply chain modelling tools. *International Journal of Services Operations and Informatics* 7, 294.
- Dobers, K., Klukas, A., Lammers, W., Laux, M., Mauer, G., Schneider, M., 2013. Green Logistics: Optimisation Approaches for Resource-Efficient Logistics Services. In: Clausen U., ten Hompel M., Klumpp M. (eds) *Efficiency and Logistics. Lecture Notes in Logistics*. Springer, Berlin, Heidelberg 149–161.
- Dobson, A.J., 2002. *An introduction to generalized linear models second edition*, New York.
- Dolgui, A., Soldek, J., Zaikin, O., 2006. Supply chain optimisation: product/process design, facility location and flow control.
- Dowling, R.G., 2005. Predicting air quality effects of traffic-flow improvements: final report and user's guide. *Transportation Research Board* 535.
- Duffie, N., 1990. Synthesis of heterarchical manufacturing systems. *Computers in Industry Elsevier* 167–174.
- Durand, B., 2018. Contribution à l'évaluation de la performance des centres de distribution urbaine (CDU) à partir des approches SCOR et GRAI. *Logistique & Management* 26, 26–39.

- Ech-chelfi, W., El Hammoumi, M., 2017a. State of the Art of SCM and TRM in Morocco. *International Journal of Latest Research in Engineering and Technology (IJLRET)* 03, 125–132.
- Ech-chelfi, W., El Hammoumi, M., 2017b. Engineering and modeling of freight road transport within supply chain management. *Congrès International de Modélisation et Optimisation des Systèmes Mécaniques 1ère editi.*
- Ech-chelfi, Wiame, El Hammoumi, M., 2019. Survey on the relation between road freight transport, SCM and sustainable development. *Yugoslav Journal of Operations Research* 29, 151–176.
- Ech-chelfi, Wiame, El Hammoumi, M., 2019. The Impact Level of the Environmental Approach on Moroccan Industries: Case Study. *International Journal of Engineering Research and Technology* 12, 172–179.
- Ech-chelfi, W., EL Hammoumi, M., 2016. Etude de cas de la gestion de livraison et le tracking de transport dans une Supply Chain.
- Ech-chelfi, W., EL Hammoumi, M., 2017. The Organizational Modeling of a Supply Chain Management. *International Journal of Innovations in Engineering and Technology (IJJET)* 8.
- Ech-chelfi, W., EL Hammoumi, M., 2019. Development of the Java-Based Dijkstra Algorithm for Optimal Path Detection. *Journal of engineering and applied sciences* 14, 6620–6624.
- Eggleston, S., Gorißen, N., Hassel, D., Hickman, A.-J., Joumard, R., R.Rijkeboer, 2000. COPERT III Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport Methodology and emission factors. European Environment Agency.
- EL BAZ, J., Laguir, I., 2017. Third party logistics providers (TPLs) and environmental sustainability practices in developing countries: the case of Morocco. *International Journal of Operations & Production Management* 00–00.
- Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., Sørensen, M., 2009. *The Handbook of road safety measures*, UK:Emerald. ed, Emerald Group Publishing Limited. Bingley.
- Engstrom, R., 2016. The Roads' Role in the Freight Transport System. *Transportation Research Procedia* 14, 1443–1452.
- Estampe, D., Lamouri, S., Paris, J.-L., Brahim-Djelloul, S., 2010. A framework for analysing supply chain performance evaluation models. *International Journal of Production Economics* 142, 1–12.
- European Commission, 2010. Road Freight Transport Vademecum 2010 Report of the road haulage sector. European Commission, 1–18.

- Farmer, D., Amstel, R. Van, 1991. *Effective Pipeline Management: How to Manage Integrated Logistics*. Gower Publishing Company.
- Fekari, A., 2011. La certification ISO et le changement organisationnel dans la PME marocaine : résultats d'une enquête auprès de 100 PME. *Management & Avenir* 43, 164.
- Feng, T., Zhang, J., Fujiwara, A., Timmermans, H., Group, U.P., 2010. an Integrated Multi-Objective Model for Maximization of Mobility and Equity Under Environmental. 12th WCTR, July 11-15, 2010 1–18.
- Fernández-Pacheco, D.G., Albert, F., Aleixos, N., Conesa, J., 2012. A new paradigm based on agents applied to free-hand sketch recognition. *Expert Systems with Applications* 39, 7181–7195.
- Fingar, P., Bellini, J., 2004. *The real-time enterprise : competing on time using the revolutionary business SEx machine*. Meghan-Kiffer Press.
- Fleisch, E., Tellkamp, C., 2005. Inventory inaccuracy and supply chain performance: A simulation study of a retail supply chain. *International Journal of Production Economics* 95, 373–385.
- Forza, C., 2002. Survey research in operations management: A process-based perspective. *International Journal of Operations and Production Management* 22, 152–194.
- Fox, B.L., 1975. k-th shortest paths and applications to the probabilistic networks,. *ORSA/TIMS Joint National Meeting* 23 B263.[61].
- Franco, S., Ravibabu Mandla, V., 2014. Analysis of road transport energy consumption and emissions: a case study. *International Journal of Energy Sector Management* 8, 341–355.
- FRANÇOIS, P., 2003. *Transport et territoire*. La Documentation Française.
- Frayret, J., 2003. A conceptual framework to operate collaborative manufacturing networks.
- Friswell, R., Williamson, A., 2010. Work characteristics associated with injury among light/short-haul transport drivers. *Accident Analysis and Prevention* 42, 2068–2074.
- Galan, E., Vernet, J., 2000. Vers une quatrième génération : les études de marché on- line. *Décisions Marketing* 19, 39–52.
- Garrett, M., & Wachs, M., 1996. *Transportation planning on trial: The Clean Air Act and travel forecasting*. Sage Publications.
- Gen, M., Kim, K.J., Huang, X., Hiroshi, Y., 2015. *Industrial Engineering , Management Science and Applications*.
- Giddings, B., Hopwood, B., O'Brien, G., 2002. Environment, economy and society: Fitting them together into sustainable development. *Sustainable Development* 10, 187–196.
- Giray Resat, H., Turkay, M., 2015. *Transport and Logistics Models for Sustainability*. Computer



- Aided Chemical Engineering 36, 401–420.
- Gómez-Sanz, J., Pavón, J., Garijo, F., 2002. Meta-models for building multi-agent systems. ... of the 2002 ACM symposium on ... 37–41.
- Gueguen, G., 2000. L'administration des enquêtes par Internet. Communication lors de la IXème Conférence Internationale de l'AIMS, Montpellier 24.
- Hall, R.P., 2006. Understanding and applying the concept of Sustainable Development to transportation planning and Decision Making in the U.S, Massachuse. ed.
- Hammer, M., 1990. Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate. Harvard Business Review 68, 104–112.
- Harrison, A., Hoek, R. Van, 2008. Logistics Management and Strategy Competing through the supply chain.
- Hermans, E., Brijs, T., Stiers, T., Offermans, C., 2006. The impact of weather conditions on road safety investigated on an hourly basis. Transportation Research Board.
- Hickman, J., Hassel, D., Joumard, R., Samaras, Z., Sorenson, S., Laboratory, T.R., 1999. Methodology for calculating transport emissions and energy consumption. Deliverable 22 for the project MEET 362.
- Hong, J., Zhang, Y., Ding, M., 2018. Sustainable supply chain management practices, supply chain dynamic capabilities, and enterprise performance. Journal of Cleaner Production 172, 3508–3519.
- Hostos, C., González-Pardo, R., Antonio Camacho, D., 2011. A MULTI-AGENT SIMULATION PLATFORM APPLIED TO THE STUDY OF URBAN TRAFFIC LIGHTS. In: Proceedings of the 6th International Conference on Software and Database Technologies. SciTePress - Science and and Technology Publications, pp. 154–159.
- Houlihan, J.B., 1988. International Supply Chains: A New Approach. Management Decision 26.
- Huang, K., Zhang, J., He, M., Liao, W., 2010. An Optimal Model and Solution Algorithm of Urban Traffic Network Considering Exhaust Emission Control. ICLEM 2010: Logistics for Sustained Economic Development 526–532.
- Hugos, M., 2003. Essentials of Supply Chain Management John Wiley & Sons. Inc. New Jersey.
- Hutchins, M.J., Sutherland, J.W., 2008. An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions 16, 1688–1698.
- Hystad, P., Villeneuve, P.J., Goldberg, M.S., Crouse, D.L., Johnson, K., 2015. Exposure to traffic-related air pollution and the risk of developing breast cancer among women in eight Canadian provinces: A case-control study. Environment International 74, 240–248.
- Ivanov, D., Pavlov, A., Dolgui, A., Pavlov, D., Sokolov, B., 2016. Disruption-driven supply

- chain ( re ) -planning and performance impact assessment with consideration of pro-active and recovery policies. *TRANSPORTATION RESEARCH PART E* 49.
- Ivascu, L., Mocan, M., Draghici, A., Turi, A., Rus, S., 2015. Modeling the Green Supply Chain in the Context of Sustainable Development. *Procedia Economics and Finance* 26, 702–708.
- Iyyanki, V.M., 2017. Chapter Two - Sustainable Development. *Environmental Management* 23, Pages 5-21.
- Jeon, C.M., Asce, S.M., Amekudzi, A., Asce, M., 2005. Addressing Sustainability in Transportation Systems: Definitions, Indicators, and Metrics Christy. *JOURNAL OF INFRASTRUCTURE SYSTEMS* 11, 31–50.
- Jofred, P., Oster, P., 2011. CO 2 Emissions from Freight Transport and the Impact of Supply Chain Management.
- John, F., 2016. Applied regression analysis generalized linear models, 3 edition. ed. SAGE Publicatio, Inc.
- John Mangan Martin Christopher, 2005. Management development and the supply chain manager of the future. *The International Journal of Logistics Management* 16, 178–191.
- Jong, G. de, Kouwenhoven, M., Ruijs, K., Houwe, P. van, Borremans, D., 2016. A time-period choice model for road freight transport in Flanders based on stated preference data. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 86, 20–31.
- Jovanović, D., Lipovac, K., Stanojević, P., Stanojević, D., 2011. The effects of personality traits on driving-related anger and aggressive behaviour in traffic among Serbian drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 14, 43–53.
- Jüttner, U., Peck, H., Christopher, M., 2003. Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. *International Journal of Logistics Research and Applications* 6, 197–210.
- K Clarkson, 1987. Approximation algorithms for shortest path motion planning. n : *Proceedings of the nineteenth annual ACM symposium on Theory of computing*. ACM 56–65.
- Kammas, S., 2015. Pratiques de développement durable chez les prestataires logistiques marocains : quel levier de performance globale. *archives-ouvertes.fr* 507.
- Kanazawa, H., Suzuki, M., Onoda, T., Yokozawa, N., 2006. Excess workload and sleep-related symptoms among commercial long-haul truck drivers. *Sleep and Biological Rhythms* 4, 121–128.
- Kaplan, R., Norton, D., 1992. The balanced scorecard: measures that drive performance.
- Katoh, N., Ibaraki, T., Mine, H., 1982. An efficient algorithm for K shortest simple paths. *Networks* 12, 411–427.

- Kent, J.H., Post, K., Tomlin, J.A., 1982. FUEL CONSUMPTION AND EMISSION MODELLING IN TRAFFIC LINKS.
- Kervern, G.Y., Rubise, P., Cousteau, J.Y., Laborit, H., 1991. L'archipel du danger: introduction aux cindyniques. *Economica*.
- Koetse, M.J., Rietveld, P., 2009. The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 14, 205–221.
- Kohn, C., 2005. Centralisation of distribution systems and its environmental effects.
- Król, D., Mrozek, M., 2011. Swarm-Based Multi-agent Simulation: A Case Study of Urban Traffic Flow in the City of Wroclaw. *Lncs* 6923, 191–200.
- Krzyżanowski, M., Birgit, K.-D., Jürgen, S., 2005. Health effects of transport-related air pollution. WHO Regional Office Europe.
- Kumar, N., And, R.G.-C.S., 1994. Parallel algorithm for finding first K shortest paths. Undefined COMPUTER SOCIETY OF INDIA.
- Kuo, Y., Wang, C., 2011. Optimizing the VRP by minimizing fuel consumption. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 22, 440–450.
- L'Energie, A.A. de l'Environnement et de la M. de, 2018. CONSOMMATIONS CONVENTIONNELLES DE CARBURANT ET ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub>. Guide édité en application du décret no 2002-1508 du 23 décembre 2002, relatif à l'information sur la consommation de carburant et les émissions de dioxyde de carbone des voitures particulières neuves. 353.
- La Londe, B.J., Masters, J.M., 1994. Emerging Logistics Strategies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 24, 35–47.
- Labarthe, O., 2006. Modélisation et simulation orientées agents de chaînes logistiques dans un contexte de personnalisation de masse: modèles et cadre méthodologique. [WWW Document]. URL <http://perspective.usherbrooke.ca/bilan/stats/0/2009/fr/10/carte/EN.ATM.CO2E.KT/x.html> (accessed 1.21.19).
- Labarthe, O., Espinasse, B., Ferrarini, A., Montreuil, B., 2007. Toward a methodological framework for agent-based modelling and simulation of supply chains in a mass customization context 15, 113–136.
- Lakhoua, M.N., Salem, J. BEN, Amraoui, L. EL, 2018. The need for system analysis based on two structured analysis methods SADT and SA-RT. *A CTA TECHNICA CORVINIENSIS – Bulletin of Engineering Tome XI* [.

- Lance Revenaugh, D., 2002. Business Process Re-engineering. *Management Decision* 32, 16–27.
- Laurencelle, L., 2009. Le tau et le tau-b de Kendall pour la corrélation de variables ordinales simples ou catégorielles. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology* 5, 51–58.
- Law, A.G., Rezazadeh, A., 1993. Computing the K-shortest paths under Nonnegative Weighting. *Congressus Numerantium* 277–277.
- Lee, K., Wu, Y., 2014. Integrating sustainability performance measurement into logistics and supply networks : A multi-methodological approach. *The British Accounting Review*.
- Leech, N.L., Barrett, K.C., Morgan, G.A., 2005. *SPSS for ontermediate Statistics*.
- Léonardi, J., Baumgartner, M., 2004. CO2 efficiency in road freight transportation: Status quo, measures and potential. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 9, 451–464.
- Leonardi, J., McKinnon, A., Palmer, A., 2010. Guidance on measuring and reporting Greenhouse Gas (GHG) emissions from freight transport operations 72.
- Lepetit Marcel, L.E., 2004. Le consultant en organisation : prestataire de services et/ou acteur politique ? *Revue internationale de psychosociologie* 22, 76–90.
- Liedtke, G., 2006. *An Actor-based Approach to Commodity Transport Modelling*. Business.
- Liimatainen, H., Sandelands, E., Hovi, I.B., Arvidsson, N., Nykänen, L., 2015. Driving forces of road freight CO2 in 2030. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
- Lin, C.Y., Ho, Y.H., 2008. An empirical study on logistics service providers' intention to adopt green innovations. *Journal of Technology Management and Innovation* 3, 17–26.
- Lind, I., 2006. *Regressor and Structure Selection Uses of ANOVA in System Identification*, Electrical Engineering.
- Liotta, G., Stecca, G., Kaihara, T., 2015. Optimisation of freight flows and sourcing in sustainable production and transportation networks. *International Journal of Production Economics* 164, 351–365.
- Litman, T.A., 2009. Sustainable transportation indicators: a recommended research program for developing sustainable transportation indicators and data.
- Littman, T., 2006. Transportation market distortions. *Berkeley Planning Journal* 19, 19–36.
- Long, Q., Zhang, W., 2014. An integrated framework for agent based inventory – production – transportation modeling and distributed simulation of supply chains. *INFORMATION SCIENCES* 277, 567–581.
- Lucidi, F., Mallia, L., Lazuras, L., Violani, C., 2014. Personality and attitudes as predictors of

- risky driving among older drivers. *Accident Analysis and Prevention* 72, 318–324.
- Magee, J.F., 1967. *Industrial logistics; analysis and management of physical supply and distribution systems*. McGraw-Hill.
- MANN, P.S., 2007. *Introductory statistics*. John Wiley & Sons.
- Marchet, G., Melacini, M., Perotti, S., 2014a. Environmental sustainability in logistics and freight transportation. *Journal of Manufacturing Technology Management* 25, 775–811.
- Marchet, G., Melacini, M., Perotti, S., Huatuco, L.D.H., Montoya-torres, J.R., Shaw, N., Calinescu, A., 2014b. Environmental sustainability in Literature A literature review and research agenda. *Journal of Manufacturing Technology Management* 25, 775–811.
- Marcilio, G.P., de Assis Rangel, J.J., de Souza, C.L.M., Shimoda, E., da Silva, F.F., Peixoto, T.A., 2017. Analysis of greenhouse gas emissions in the road freight transportation using simulation. *Journal of Cleaner Production*.
- Martins, F., Fonseca, L., 2018. Comparison between eco-management and audit scheme and ISO 14001:2015. *Energy Procedia* 153, 450–454.
- Mason, R., Lalwani, C., Boughton, R., 2007. Combining vertical and horizontal collaboration for transport optimisation. *Supply Chain Management: An International Journal* 12, 187–199.
- Maturana, F.P., Tichý, P., Šlechta, P., Discenzo, F., Staron, R.J., Hall, K., 2004. Distributed multi-agent architecture for automation systems. *Expert Systems with Applications* 26, 49–56.
- McKinnon, A., Woodburn, A., 1996. Logistical restructuring and road freight traffic growth. *Transportation* 23, 141–161.
- McKinnon, A.C., Piecyk, M., 2010. *Measuring and Managing CO2 Emissions of European Chemical Transport*. Logistics Research Centre Heriot-Watt University EDINBURGH, UK 1–35.
- Mckinnon, A.C.Ã., Piecyk, M.I., 2009. Measurement of CO 2 emissions from road freight transport : A review of UK experience. *Energy Policy* 37, 3733–3742.
- Meixell, Mary J, Norbis, M., 2008. A review of the transportation mode choice and carrier selection literature. *The International Journal of Logistics Management* 19, 183–211.
- Meixell, Mary J., Norbis, M., 2008. A review of the transportation mode choice and carrier selection literature. *The International Journal of Logistics Management* 19, 183–211.
- Mentzer, John T, Dewitt, W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D., Zacharia, Z.G., 2001a. Définir le Supply Chain Management. *Logistique &* 22, 3–18.
- Mentzer, John T., DeWitt, W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D., Zacharia, Z.G.,

2001. DEFINING SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. *Journal of Business Logistics* 22, 1–25.
- Mentzer, John T, Keebler, J.S., Nix, N.W., Smith, C.D., Zacharia, Z.G., 2001b. Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics* 22, 1–25.
- Meunier, D., 2012. Towards a Sustainable Development Approach in Transport Assessment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 48, 3065–3077.
- Michel Didier et Rémy Prud'homme, 2007. Infrastructures de transport, mobilité et croissance. La Documentation française.
- Miller, D., 2006. Strategies and Methods Accounting For Social Fairness In Urban Environmental Planning. Presentación al Seminario Internacional Urbenviron, Río de Janeiro.
- Moigne, J. Le, 1994. La théorie du système général: théorie de la modélisation.
- Monczka, R.M., Handfield, R.B., Giunipero, L.C., Patterson, J.L., 2016. Purchasing and Supply Chain Management.
- Monteiro, T., 2001. Conduite distribuée d'une coopération entre entreprises : le cas de la relation donneurs d'ordres – fournisseurs.
- Moreno-Quintero, E., Fowkes, T., Watling, D., 2013. Modelling planner-carrier interactions in road freight transport: Optimisation of road maintenance costs via overloading control. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 50, 68–83.
- Murphy, P.R., Poist, R.F., 2003. Green perspectives and practices: a “comparative logistics” study. *Supply Chain Management: An International Journal* 8, 122–131.
- Muslim, N.H., Keyvanfar, A., Shafaghat, A., Abdullahi, M.M., Khorami, M., 2018. Green driver: Travel behaviors revisited on fuel saving and less emission. *Sustainability (Switzerland)* 10, 1–30.
- Nasuha, N.A.N., Munzilah, M.R., 2018. Overview Of Application Of Traffic Simulation Model. *MATEC Web of Conferences* 150, 03006.
- Natarajarathinam, M., Capar, I., Narayanan, A., 2009. Managing supply chains in times of crisis: a review of literature and insights. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 39, 535–573.
- Newman, P., & Kenworthy, J., 1999. Sustainability and cities: overcoming automobile dependence.
- Nicholas, R.J., 2001. Building Complex Software Systems Why Agent - Oriented Approaches Are Well Suited for. *Communications of the ACM* 44, 35–41.
- Nicolas, J.P., Pochet, P., Poimboeuf, H., 2003. Towards sustainable mobility indicators:

- Application to the Lyons conurbation. *Transport Policy* 10, 197–208.
- NTM, 2010. Measuring Transport Energy Use and Emissions. Transport Network for Environment.
- Ntziachristos, L., Samaras, Z., 2000. Speed-dependent representative emission factors for catalyst passenger cars and influencing parameters. *Atmospheric Environment* 34, 4611–4619.
- Oberhofer, P., Fürst, E., 2012. Environmental management in the transport sector: findings of a quantitative survey. *EuroMed Journal of Business* 7, 268–279.
- Odell, J.J., Van Dyke Parunak, H., Bauer, B., 2001. Representing Agent Interaction Protocols in UML. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 121–140.
- Ohara, K., Nojima, Y., Ishibuchi, H., 2005. Comparison between Centralized Global Optimization and Distributed Local Optimization for Traffic Jam Avoidance. ResearchGate.
- Ottmöller, O., Friedrich, H., 2005. Modelling change in supply-chain-structures and its effect on freight transport demand.
- Ouardighi, F. El, Mesnard, X., Tarondeau, J., 2008. Le management de la supply chain. *Revue française de gestion – N° 186/2008* 81–88.
- Pan, S., Ballot, E., Fontane, F., 2013. The reduction of greenhouse gas emissions from freight transport by pooling supply chains. *International Journal of Production Economics* 143, 86–94.
- Park, K., Kim, W., 2001. A systolic parallel simulation system for dynamic traffic assignment: SPSS-DTA. *Expert Systems with Applications* 21, 217–227.
- Paul, John et Laville, J.-J., 2007. Le modèle SCOR: vecteur d'excellence de la Supply Chain. *Supply Chain Magazine* 96–98.
- Paulley, N.J., Webster, F. V., 1991. Overview of an international study to compare models and evaluate land-use and transport policies: foreign summaries. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal* 11, 197–222.
- Perego, A., Perotti, S., Mangiaracina, R., 2011. ICT for logistics and freight transportation: a literature review and research agenda. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 41, 457–483.
- Piecyk, M.I., McKinnon, A.C., 2010. Forecasting the carbon footprint of road freight transport in 2020. *International Journal of Production Economics* 128, 31–42.
- Porter, M., 1990. Ch2: The Competitive Advantage of Firms in Global Industries. *The Competitive Advantage of Nations*.

- Potoski, M., Prakash, A., 2005. Covenants with weak swords: ISO 14001 and facilities' environmental performance. *Journal of Policy Analysis and Management* 24, 745–769.
- Qian, J., Eglese, R., 2016. Fuel emissions optimization in vehicle routing problems with time-varying speeds. *European Journal of Operational Research* 248, 840–848.
- Ramani, T.L., Zietsman, J., Gudmundsson, H., Hall, R.P., Marsden, G., 2012. Framework for Sustainability Assessment by Transportation Agencies. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2242, 9–18.
- Ranjini, K., Kanthimathi, a., Yasmine, Y., 2011. Design of Adaptive Road Traffic Control System through Unified Modeling Language. *International Journal of Computer Applications* 14, 36–41.
- Ratliff, H.D., Nulty, W.G., 1997. Logistics composite modeling. In: *The Planning and Scheduling of Production Systems*. Springer US, Boston, MA, pp. 10–53.
- Ross, M., 1994. EMISSIONS : Effects of Vehicle and Driving Characteristics. *Annu. Rev. Energy Environ.* 19, 75–112.
- Sá, J.P.M. de, 2007. *Applied Statistics using SPSS, STATISTICA, MATLAB and R*, Springer. ed. New York.
- Sabry, A.H., Benhra, J., Bacha, A., 2014. Une approche ASIF distribuée pour le calcul des émissions CO2 dans les chaînes logistiques. *Conference Paper*.
- Salimifard, K., Shahbandarzadeh, H & Raeesi, R., 2012. Green Transportation and the Role of Operation Research. *Proceedings of 2012 International Conference on Traffic and Transportation Engineering* 26, 1–6.
- Salveson, A., Colman, R., Litman, T., Walker, S., Parmenter, R., 2006. The GPI Transportation Accounts: Sustainable Transportation in Nova Scotia. *Measuring Sustainable Development* 1–599.
- Samberg, S., Bassok, A., Holman, S., 2011. Method for Evaluation of Sustainable Transportation. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2242, 1–8.
- Santos, A.S., Ribeiro, S.K., 2013. The use of sustainability indicators in urban passenger transport during the decision-making process: The case of Rio de Janeiro, Brazil. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5, 251–260.
- Sarac, A., Absi, N., Dauzre-Prs, S., 2010. A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management. *International Journal of Production Economics* 128, 77–95.
- Sarkis, J., Meade, L.M., Talluri, S., 2004. E-logistics and the natural environment. *Supply Chain Management* 9, 303–312.



- SCC, 1996. Supply Chain Council. <http://www.supply-chain.org>.
- Schipper, L., Fabian, H., Leather, J., 2009. Transport and Carbon Dioxide Emissions: Forecasts, Options Analysis, and Evaluation ADB Sustainable Development Working Paper Series.
- Schipper, L., Marie-Lilliu, C., Gorham, R., 2000. Flexing the Link between Transport and Greenhouse Gas Emissions. A Path for the World Bank.
- Schroeder, S., Zilske, M., 2012. A computational framework for a multi-agent simulation of freight transport activities. Annual Meeting ... 1–23.
- Serber, G.A.F., Lee, A.J., 2003. Linear Regression Analysis.
- Seuring, S., Muller, M., 2008a. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production* 16, 1699–1710.
- Seuring, S., Muller, M., 2008b. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production journal* 16, 1699–1710.
- Shahraki, N., Turkay, M., 2014. Analysis of interaction among land use, transportation network and air pollution using stochastic nonlinear programming. *International Journal of Environmental Science and Technology* 11, 2201–2216.
- Shapiro, J.F., 2004. Challenges of strategic supply chain planning and modeling. *Computers and Chemical Engineering* 28, 855–861.
- Shenpei, Z., Xinping, Y., Chaozhong, W., 2008. Optimization model for traffic signal control with environmental objectives. *Proceedings - 4th International Conference on Natural Computation, ICNC 2008* 6, 530–534.
- Sklar, D., 2016. *Learning PHP 5*, Learning.
- Smith, C.K., Williams, J., 2014. Work related injuries in Washington State's Trucking Industry, by industry sector and occupation. *Accident Analysis and Prevention* 65, 63–71.
- Smith, T.W., Axon, C.J., Darton, R.C., 2013. A methodology for measuring the sustainability of car transport systems. *Transport Policy* 30, 308–317.
- Southworth, F., 1995. A technical review of urban land use - transportation models as tools for evaluating vehicle travel reduction strategies. National Transportation Library.
- Sprent, P., Smeeton, N., 2001. *Applied nonparametric statistical methods*, Chapman & Hall/CRC.
- Srivastava, Samir K., 2007. Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews* 9, 53–80.
- Srivastava, Samir K., 2007. Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews* 9, 53–80.

- Stadtler, H., 2008. Supply Chain Management — An Overview. In: Supply Chain Management and Advanced Planning. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 9–36.
- Stapleton, R.M., Hemminger, P., Senecah, S.L., 2003. Pollution A to Z, Macmillan Library Reference.
- Stern, E., Zehavi, Y., 2006. Road Safety and Hot Weather: A Study in Applied Transport Geography. *Transactions of the Institute of British Geographers* 15, 102.
- Stevens, G.C., 1989. Integrating the Supply Chain. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management* 19, 3–8.
- Stockwell, D.R., Peterson, A.T., 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling* 148, 1–13.
- Suzuki, Y., 2016. A dual-objective metaheuristic approach to solve practical pollution routing problem. *International Journal of Production Economics* 176, 143–153.
- Synodinos, N.E., 2003. The “art” of questionnaire construction: Some important considerations for manufacturing studies. *Integrated Manufacturing Systems* 14, 221–237.
- Szeto, W.Y., Jiang, Y., Wang, D.Z.W., Sumalee, A., 2015. A Sustainable Road Network Design Problem with Land Use Transportation Interaction over Time. *Networks and Spatial Economics* 15, 791–822.
- Tang, O., Nurmaya Musa, S., 2011. Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics* 133, 25–34.
- Tanguay, G.A., Rajaonson, J., Lefebvre, J.F., Lanoie, P., 2010. Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators. *Ecological Indicators* 10, 407–418.
- Tao, C., Huang, S., 2009. An extensible multi-agent based traffic simulation system. 2009 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, ICMTMA 2009 3, 713–716.
- Tardieu, H., Rochfeld, A., Colletti, R., 1984. La méthode merise-principes et outils.
- Taticchi, P., Tonelli, F., Pasqualino, R., 2013. Performance measurement of sustainable supply chains. *International Journal of Productivity and Performance Management* 62, 782–804.
- Tavasszy, L.A., Smeenk, B., Ruijgrok, C.J., 1998. A DSS for modelling logistic chains in freight transport policy analysis. *International Transactions in Operational Research* 5, 447–459.
- Tim, W., 2009. Service management for ITS using WAVE (1609.3) networking. 2009 IEEE Globecom Workshops, Gc Workshops 2009.
- Torregroza-Vargas, N.M., Bocarejo, J.P., Ramos-Bonilla, J.P., 2014. Fatigue and crashes: The case of freight transport in Colombia. *Accident Analysis and Prevention* 72, 440–448.
- Touati, N., Jost, V., 2012. On green routing and scheduling problem. arXiv:1203.1604 1–27.

- Trentesaux, D., 2002. Pilotage hétérarchique des systèmes de production. archives ouvertes.
- Trépanier, M.-P., Coelho, L.C., 2017. Facteurs et méthodes de calcul d'émissions de gaz à effet de serre. Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport(CIRRELT).
- Turkay, M., L. Papageorgiou, and M.G., 2008. Environmentally conscious supply chain management. *Process Systems Engineering*. WILEY-VCH 3, 45–86.
- Vachon, S., Mao, Z., 2008a. Linking supply chain strength to sustainable development : a country-level analysis 16, 1552–1560.
- Vachon, S., Mao, Z., 2008b. Linking supply chain strength to sustainable development : a country-level analysis. *Journal of Cleaner Production* 16, 1552–1560.
- Vachon, S., Robert D., K., 2006. Extending green practices across the supply chain. *International Journal of Operations & Production Management* 26, 795–821.
- Vreeker, R., Peter, N., 2005. "Multicriteria Evaluation of Transport Policies. *Handbook of Transport Strategy, Policy and Institutions* 6, 507–526.
- Vuchic, V.R., 2007. *Urban transit systems and technology*. John Wiley & Sons,.
- Waddell, P., Ulfarsson, G.F., Franklin, J.P., Lobb, J., 2007. Incorporating land use in metropolitan transportation planning. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 41, 382–410.
- Wang, F., Lai, X., Shi, N., 2011. A multi-objective optimization for green supply chain network design. *Decision Support Systems* 51, 262–269.
- Wang, S., Ji, B., Zhao, J., Liu, W., Xu, T., 2018. Predicting ship fuel consumption based on LASSO regression. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 65, 817–824.
- Wegener, M., 2004. Overview of Land Use Transport Models. *Handbook of transport geography and spatial systems* 5, 127–146.
- Weilkiens, T., 2011. *Systems Engineering with SysML/UML: Modeling, Analysis, Design*.
- Wisetjindawat, W., Yamamoto, K., Marchal, F., 2012. A Commodity Distribution Model for a Multi-Agent Freight System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 39, 534–542.
- Woensel, T., Creten, R., Vandaele, N., 2001. Managing the Environmental Externalities of Traffic Logistics: the Issue of Emissions. *Production and Operations Management* 10, 207–223.
- World Health Organization, 2004. *ICD-10 International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems*. Icd-10 2, 95.
- Xiao, Y., Zhao, Q., Kaku, I., Xu, Y., 2012. Development of a fuel consumption optimization

- model for the capacitated vehicle routing problem. *Computers and Operations Research* 39, 1419–1431.
- Yamada, T., Febri, Z., 2015. Freight transport network design using particle swarm optimisation in supply chain-transport supernetwork equilibrium. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 75, 164–187.
- Yamada, T., Imai, K., Nakamura, T., Taniguchi, E., 2011. A supply chain-transport supernetwork equilibrium model with the behaviour of freight carriers. *Transportation Research Part E* 47, 887–907.
- Yan, H., Yu, Z., Cheng, T.C.E., 2003. A strategic model for supply chain design with logical constraints: Formulation and solution. *Computers and Operations Research* 30, 2135–2155.
- Yao, Y., Dresner, M., 2008. The inventory value of information sharing, continuous replenishment, and vendor-managed inventory. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 44, 361–378.
- Yao, Y., Evers, P.T., Dresner, M.E., 2007. Supply chain integration in vendor-managed inventory. *Decision Support Systems* 43, 663–674.
- YEN, J.Y., 1972. Another algorithm for finding the K shortest loopless network paths. *Proc. of 41st Mtg. Operations Research Society of America* 20.
- Yu, W., Chavez, R., Jacobs, M.A., Feng, M., 2018. Data-driven supply chain capabilities and performance : A resource-based view. *Transportation Research Part E* 114, 371–385.
- Yu, X., Yi, C., 2010. Design and implementation of the website based on PHP & MYSQL. 2010 International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment, ICEEE2010.
- YUE, Huanyu et RAKHA, H., 2008. Validation of the VT-Meso vehicle fuel consumption and emission model. *Efficient Transportation and Pavement Systems: Characterization Mechanisms, Simulation, and Modeling*, 97.
- Zandin, K., 2001. *Maynard's industrial engineering handbook*.
- Zar, J.H., 1972. Significance testing of the spearman rank correlation coefficient. *Journal of the American Statistical Association*, 67(339)580–578 ,67 .
- Zegras, C., 2006. SUSTAINABLE TRANSPORT INDICATORS AND ASSESSMENT METHODOLOGIES. Biannual Conference and Exhibit of the Clean Air Initiative for Latin American Cities.
- Zhang, Y., Guindon, B., 2006. Using satellite remote sensing to survey transport-related urban sustainability. Part 1: Methodologies for indicator quantification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 8, 149–164.

- Zhou, Y., Chen, Y., Lu, H., 2004. UML-based systems integration modeling technique for the design and development of intelligent transportation management system. Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics 7, 6061–6066.
- Zolfpour-Arokhlo, M., Selamat, A., Hashim, S.Z.M., 2013. Route planning model of multi-Agent system for a supply chain management. Expert Systems with Applications 40, 1505–1518.
- Zou, K.H., Tuncali, K., Silverman, S.G., 2003. Radiology. Statistical Concepts Series 227, 617–622.

## **ANNEXES**

Annexe 1: Travaux scientifiques réalisés .....	186
Annexe 2: Questionnaire de l'enquête .....	188
Annexe 3: impact de saison, PTAC, PV sur la consommation énergétique .....	190
Annexe 4: Impact des caractéristiques de véhicule sur la consommation énergétique.....	191
Annexe 5: les données microscopiques.....	192
Annexe 6: Extrait de code informatique .....	195

**Annexe 1: Travaux scientifiques réalisés****Articles publiés dans les revues internationales**

**Article 1 :** Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed. « **Development of the Java-Based Dijkstra Algorithm for Optimal Path Detection** ». published in **Journal of Engineering and Applied Sciences**, indexé **scopus**, vol 14, issue 18, 6620-6624, 2019.

DOI: <https://doi.org/10.3923/jeasci.2019.6620.6624>

URL: <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2019.6620.6624>

**Articles 2 :** Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed, « **The Impact Level of the Environmental Approach on Moroccan Industries: Case Study** ». Published in **International Journal of Engineering Research and Technology**. indexé **Scopus**, ISSN 0974-3154, Volume 12, Number 2 (2019), pp. 172-179, © International Research Publication House. <http://www.irphouse.com>

**Article 3 :** Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed « **Survey on the relation between road freight transport, SCM and sustainable development** ». Published in **Yugoslav Journal of Operations Research**, indexé **Scopus**, 2019, vol. 29, no 2, p. 151-176.

DOI: <https://doi.org/10.2298/YJOR180915006E>

**Article 4 :** Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed « **Modelling Energy Consumption of Freight Road with MLR** » Published in **Test engineering and management**, indexé **Scopus**, 376 – 386, Vol 82: Jan/Feb 2020

**Article 5 :** Moncif Sabar; Mohammed El Hammoumi; Wiame Ech-Chelfi; Hajar Bakraouy; and Mouhcine Fadil « **Diagnosis of the Safety Culture of Carriers of Dangerous Goods by Road: A Case Study of Morocco** » published in **International Journal of Engineering Research and Technology**. Indexé **Scopus** ISSN 0974-3154, Volume 12, Number 12 (2019), pp. 2254-2261 © International Research Publication House. <http://www.irphouse.com>

**Article 6:** Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed, « **The organizational modeling of a supply chain management** » published in the **IJIET International Journal of Innovation in Engineering and Technology**, (impact factor : 0,672 indexé par DOAJ, Reseach ID, google scholar) Volume 8 Issue 4- pages 76-81, August 2017, ISSN: 2319-1058

**Article 7 :** Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed, « **State of the Art of SCM and TRM in Morocco** » published in the **IJLRET : International Journal of Latest Engineering Research and Technology**, (impact factor : 3,108 indexé google scholar) Volume 3, Issue 3, pages 125-132, march 2017, ISSN: 2454-5031

## **Communications :**

**Communication 1 : WSPI 2016**, Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed, Workshop les Systèmes de Production Industriels, Pilotage, automatisation et maintenance industrielle

Date et lieu : 12 Mai 2016, Faculté des Sciences et Techniques Fès

Titre de participation : Etat de l'art du TRM dans le cadre de la SCM ; cas de Maroc(Poster)

**Communication 2 : CIMSI 2016**, Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed, Colloque International sur le Monitoring des Systèmes Industriels

Date et lieu : 19 et 20 Octobre 2016, ENSA Fès

Titre de participation : Etude de cas de la gestion de livraison et le tracking de transport dans une supply chain (Oral)

**Communication 3 : ICOA 2017**, Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed, The third International Conference on Optimization and Application

Date et lieu : 27 et 28 Avril 2017, Faculté des Sciences, Meknès

Titre de participation : les modèles conceptuels de transport routier de marchandises(Oral)

**Communication 4 : CIGIMS 2017**, Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed, Congrès International de Génie Industriel et du Management des Systèmes

Date et lieu : 17 et 18 Mai 2017, ENSAM-Meknes, Maroc

Titre de participation : les approches conceptuelles de Supply Chain Management (Oral)

**Communication 5 : Second Congrès international de l'Association Marocaine des Sciences Régionales(AMSR)**, Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed.

Date et lieu : 11 et 12 Octobre 2017, INAU-Rabat, Maroc

Titre de participation : le transport routier de marchandises dans le cadre de développement durable

**Communication 6 : 5ème rencontre du laboratoire de Modélisation et calcul scientifique**, Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed.

Date et lieu : 24 et 25 Octobre 2017, FST,Fès

Titre de participation : The road's problem in the freight transport system

**Communication 7: CIMOSM 2017, Congrès International de Modélisation et Optimisation des Systèmes Mécaniques** Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed.

Date et lieu : 05 – 06 Décembre 2017, Fès

Titre de participation : Engineering and modeling of freight road transport within supply chain management

**Communication 8 : LOGISTIQUA 2018, 11th International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management** Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed,

Date et lieu : April, 26-27/ 2018 FST, Tangier

Titre de participation : Development of the Java-based dijkstra algorithm for optimal path detection



**Communication 9 : 6<sup>ème</sup> Congrès National du Laboratoire Modélisation et Calcul Scientifique** sous le thème Calcul Scientifique et Application Aux Problèmes Socio-économiques. Ech-Chelfi Wiame and El Hammoumi Mohammed,

Date et lieu : 28-29 juin 2019, Faculté des sciences et techniques. Fès (Maroc)

Titre de participation : le niveau d'application de l'approche environnementale dans les industries marocaines: étude de cas

## Annexe 2: Questionnaire de l'enquête

QUESTIONS

RÉPONSES

30

### Transport routier de marchandises

Description du formulaire

Nom, raison sociale \*

Réponse longue

Forme juridique

Réponse longue

S'agit-il d'une :

- Petite entreprise (<10 personnes)
- d'une entreprise moyenne (de 10 à 500 personnes)
- d'une grande entreprise(>500 personnes)

L'entreprise appartient-elle à un groupe?

- Oui
- Non

Quels sont les produits (biens ou services) fabriqués, vendus ou rendus par \*

Réponse longue

Dans quels secteurs d'activités l'entreprise exerce t-elle (industrie, commerce, \*

Réponse longue

Dans quels secteurs d'activités se situent vos principaux clients: entreprises \*

Réponse longue

Votre Marché est-il?

- Local
- Régional
- National
- International

Quel(s) mode(s) de transport utilisé(s) souvent pour le transport de vos

\*

- Routier
- Maritime
- Aérien
- Ferroviaire

Faites-vous la sous-traitance des moyens de transport?

\*

- Oui
- Non

Quelles sont les prestataires logistiques avec lesquels votre société a développé

Réponse longue

---

Etes-vous satisfaits des différentes prestations logistiques en terme de:?

\*

- Service
- Sécurité
- Cout
- Délai

Quelle est la nature de marchandise traitée dans votre établissement?

\*

Réponse longue

---

Quelle est la nature des marchandises expédiées par votre établissement?

\*

Réponse longue

---

Combien d'envois par semaine en camion (semi remorque ou tracteur ou les) \*

Réponse longue

Sous quelle forme sont conditionnés les produits que vous transportez? \*

Réponse longue

Y a-t-il une analyse du risque de transport routier de marchandises déjà faite? \*

Oui

Non

Les personnels de votre entreprise sont-ils formés à la prévention du risque? \*

Oui

Non

Votre entreprise est-elle engagée dans un processus de certification 14001? \*

Oui

Non

Dans quelle mesure le transport et l'organisation logistique sont-ils inclus dans la démarche de certification ISO 14001,

Réponse longue

### Annexe 3: Impact de saison, PTAC, PV sur la consommation énergétique

PTAC	PV	CONSO TRIM 1	KM TRIM 1	CONSO TRIM 2	KM TRIM 2	CONSO TRIM 3	KM TRIM 3	CONSO TRIM 4	KM TRIM 4	KM Moyen Mensuel parcouru	Conso moyenne mensuelle (L)
3200	1820	12 312,34	31 436	9 750,02	25 520	10 251,87	28 486	10 591,27	29 508	10 415,50	3 778
3500	2700	12 768,88	35 754	12 139,44	34 175	9 375,12	26 346	7 361,88	20 745	9 148,91	3 285
3500	2080	13 140,43	37 232	13 024,05	36 378	9 174,01	27 034	13 384,82	39 651	11 299,50	3 866
3500	2700	10 326,18	29 074	10 070,15	28 506	12 632,27	36 852	13 383,08	38 802	12 649,25	4 343
3500	1960	1 523,38	6 372	1 351,68	5 823	10 086,84	29 134	10 457,19	30 050	10 759,42	3 788
3500	2250	422,88	2 916	560,06	4 552	11 195,33	30 896	13 819,31	38 705	11 934,25	4 265
3500	2430	680,33	5 741	376,03	3 366	9 008,71	25 670	7 556,97	21 366	9 510,55	3 360

5500	3130	1 175,25	11 391	1 108,63	11 536	8 190,70	22 050	11 488,43	30 733	8 765,42	3 280
7200	3140	2 512,15	9 593	2 531,65	10 043	8 703,68	22 830	12 326,40	31 969	10 159,55	3 917
7500	3620	10 794,77	29 013	8 890,77	23 389	5 618,75	24 226	6 135,00	27 755	8 084,67	1 828
7500	3620	3 020,23	13 439	2 663,41	12 300	2 362,59	9 716	3 884,88	15 877	4 537,83	1 110
14000	5280	12 587,29	35 774	11 247,12	33 135	4 061,62	18 019	6 285,92	28 096	7 833,00	1 742
14000	5280	12 739,18	37 136	13 362,12	39 001	3 247,59	15 259	3 162,92	14 531	4 627,42	1 008
14000	5660	5 114,44	23 650	5 442,15	24 231	5 008,65	21 665	6 460,23	29 100	8 295,42	1 896
14000	4920	5 109,66	22 915	6 169,09	25 865	847,32	3 880	3 410,04	14 683	3 183,25	775
14000	5570	672,39	3 732	754,41	3 772	2 449,31	10 413	2 350,95	9 823	2 948,27	698
14000	5570	1 385,54	8 641	1 465,74	8 933	712,7	3 818	676,89	3 318	1 464,00	282
14000	5310	287,75	1 426	233,4	1 251	1 503,94	9 458	1 477,31	8 611	3 240,27	530
14000	5660	2 208,86	14 042	1 880,75	11 708	2 318,12	13 987	2 113,21	13 532	4 305,33	712
14000	4560	1 206,87	10 762	1 093,81	10 056	575,61	3 455	788,92	5 021	929,42	157
30880	7000	1 975,38	11 287	2 132,38	12 858	1 730,76	10 970	2 243,91	13 805	4 210,42	672
31000	7480	12 160,35	33 082	12 333,11	33 910	522,3	3 894	529,03	3 614	1 248,00	170
31500	7920	8 871,47	24 721	10 525,56	28 826	248,61	2 146	1 218,39	11 580	1 902,75	210
40000	6840	5 014,27	21 974	5 171,38	23 061	1 022,77	10 322	976,5	10 128	3 614,75	357
40000	6840	3 682,45	15 017	3 390,47	13 844	888,77	8 557	1 113,33	9 440	3 234,58	359

#### Annexe 4: Impact des caractéristiques de véhicule sur la consommation énergétique

Véhicule	Age	CV	PTAC (T)	PV(T)	TOTAL(L)	KM	Ratio (L/100Km)
V1	6	32	40	6,65	3239,4	9050	36,60
V2	6	32	40	6,65	2595,15	7230	35,50
V3	11	32	40	6,84	5590,4	16970	34,00
V4	11	32	40	6,84	5206,4	15640	34,00
V5	15	32	40	6,84	3604,35	10160	36,00
V6	15	32	40	6,84	2271,35	6320	35,50
V7	15	32	40	6,84	3181,55	9080	35,00
V8	15	32	40	7,48	1203,25	2780	38,00
V9	22	26	38	7,12	2255,25	4900	39,00
V10	19	26	19	7,2	2390,1	7935	30,00
V11	14	18	14	5,57	962	3455	24,50
V12	14	18	14	5,57	1141,1	4360	25,00
V13	21	15	14	5,66	830	3460	24,00
V14	20	18	14	5,22	767,15	3210	24,50
V15	16	18	14	4,52	1265,5	6290	24,50
V16	20	18	14	5,31	605	2490	24,50
V17	15	18	14	4,92	837,1	3520	24,50
V18	4	10	7,5	3,62	403,15	2235	18,00
V19	9	13	7,2	3,15	187,2	1020	18,00
V20	9	13	7,2	3,12	703,55	4270	18,00
V21	7	11	5,5	3,13	848,2	4320	20,00
V22	6	9	4,1	2,6	436,2	3210	14,00
V23	4	16	3,5	2,7	143,2	720	19,00

V24	4	16	3,5	2,7	206,45	1320	18,00
V25	18	12	3,5	2,08	192	138	14,00
V26	9	13	3,5	2,6	325,8	2230	16,00
V27	25	9	3,5	1,96	67	525	14,00
V28	18	9	3,2	1,82	196	1810	12,00
V29	12	12	3,06	1,885	622	6140	13,00

### Annexe 5: Les données microscopiques

Age	CV	PTAC	PV	D (KM)	Vmin Km/h	Vmax Km/h	temps DT(mi n)	Cons(L/100km) réel	Dv (m/s)	Dt(s)	$\gamma(m/s^2)$
19	26	19	7,2	119	20	60	15	32,98	11,111	900	0,0123
19	26	19	7,2	119	10	66	15	32,98	10,556	900	0,0117
19	26	19	7,2	113	10	64	5	32,98	2,778	300	0,0093
19	26	19	7,2	125	10	66	5	32,98	2,778	300	0,0093
19	26	19	7,2	115	8	70	5	32,98	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	111	5	70	5	32,98	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	55	5	70	5	32,98	3,333	300	0,0111
19	26	19	7,2	61	5	68	5	32,98	2,778	300	0,0093
19	26	19	7,2	51	5	63	5	33,2	8,333	300	0,0278
19	26	19	7,2	46	5	60	5	32,98	4,167	300	0,0139
19	26	19	7,2	42	5	60	5	32,98	4,167	300	0,0139
19	26	19	7,2	71	5	70	5	32,98	6,944	300	0,0231
19	26	19	7,2	131	5	70	5	32,98	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	41	20	70	5	32,98	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	134	20	70	5	32,98	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	66	25	68	5	33,16	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	177	30	70	5	35	11,111	300	0,0370
19	26	19	7,2	172	30	70	5	33,16	7,778	300	0,0259
19	26	19	7,2	155	30	70	5	33,16	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	120	20	69	5	33,16	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	157	25	70	5	33,16	6,111	300	0,0204
19	26	19	7,2	188	30	77	5	33,16	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	144	35	77	5	33,53	6,944	300	0,0231
19	26	19	7,2	122	30	77	5	33,53	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	150	25	77	5	33,53	6,944	300	0,0231
19	26	19	7,2	175	20	70	5	33,53	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	182	25	70	5	33,53	6,944	300	0,0231
19	26	19	7,2	117	10	70	5	33,53	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	118	22	70	5	33,53	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	87	20	70	5	30,81	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	237	25	68	5	33,8	2,778	300	0,0093

19	26	19	7,2	185	20	68	5	33,8	2,778	300	0,0093
19	26	19	7,2	114	10	64	5	33,8	2,778	300	0,0093
19	26	19	7,2	120	20	64	5	33,8	2,778	300	0,0093
19	26	19	7,2	197	30	70	5	33,05	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	227	30	70	5	33,57	8,333	300	0,0278
19	26	19	7,2	203	30	70	5	32,57	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	262	20	80	5	33,8	8,333	300	0,0278
19	26	19	7,2	133	20	80	5	30,81	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	104	20	70	5	30,75	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	397	10	90	5	30,81	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	612	10	90	5	30,81	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	332	20	80	5	30,52	11,111	300	0,0370
19	26	19	7,2	312	10	85	5	30,52	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	294	20	90	5	28,77	8,333	300	0,0278
19	26	19	7,2	338	15	90	5	29,92	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	258	10	85	5	30,81	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	276	10	88	5	29,34	6,944	300	0,0231
19	26	19	7,2	139	20	80	5	30,02	5,000	300	0,0167
19	26	19	7,2	349	20	80	5	33,32	8,333	300	0,0278
19	26	19	7,2	336	20	90	5	29,92	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	14	10	77	5	29,92	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	344	10	88	5	29,92	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	328	10	90	5	30,1	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	297	10	80	5	30,26	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	300	20	90	5	30,26	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	452	20	90	5	30,26	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	31	10	60	5	30,13	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	418	20	90	5	28,87	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	725	30	80	5	27,8	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	733	20	84	5	25,54	6,944	300	0,0231
19	26	19	7,2	151	10	70	5	30,36	2,778	300	0,0093
19	26	19	7,2	44	10	60	5	30,36	2,778	300	0,0093
19	26	19	7,2	38	8	50	5	29,71	5,000	300	0,0167
19	26	19	7,2	50	25	60	5	28,73	2,778	300	0,0093
19	26	19	7,2	346	20	70	5	27,8	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	478	20	88	5	30,36	2,778	300	0,0093
19	26	19	7,2	361	10	80	5	29,92	5,556	300	0,0185
19	26	19	7,2	345	10	80	5	29,85	5,556	300	0,0185
6	32	<b>40</b>	6,65	137	10	90	5	38,91	5,556	300	0,0185
6	32	<b>40</b>	6,65	315	20	90	5	38,91	8,889	300	0,0296
6	32	<b>40</b>	6,65	738	5	98	5	36,45	2,778	300	0,0093
6	32	<b>40</b>	6,65	642	10	98	5	36,45	2,778	300	0,0093
6	32	<b>40</b>	6,65	617	20	120	5	36,55	2,778	300	0,0093

6	32	40	6,65	610	20	125	5	36,55	2,778	300	0,0093
6	32	40	6,65	661	20	100	5	36,55	2,778	300	0,0093
6	32	40	6,65	631	20	100	5	37,7	10,556	300	0,0352
6	32	40	6,65	795	20	98	5	37,7	4,167	300	0,0139
6	32	40	6,65	896	20	100	5	34,63	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	462	20	90	5	34,63	6,944	300	0,0231
6	32	40	6,65	340	20	100	5	34,63	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	628	20	100	5	41,58	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	623	20	100	5	36,9	5,833	300	0,0194
6	32	40	6,65	625	20	100	5	35,24	6,111	300	0,0204
6	32	40	6,65	659	20	100	5	36,63	6,111	300	0,0204
6	32	40	6,65	698	10	98	5	36,89	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	681	10	98	5	36,89	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	377	20	90	5	36,83	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	331	20	100	5	36,83	8,333	300	0,0278
6	32	40	6,65	169	20	90	5	38,81	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	611	20	100	5	34,72	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	345	20	90	5	34,72	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	334	20	90	5	37,16	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	666	10	100	5	36,66	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	572	20	90	5	36,66	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	580	10	90	5	36,66	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	636	20	98	5	36,53	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	707	20	100	5	34,36	11,111	300	0,0370
6	32	40	6,65	650	30	100	5	37,22	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	331	20	100	5	33,71	6,111	300	0,0204
6	32	40	6,65	917	20	100	5	33,71	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	155	20	98	5	34,93	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	331	20	98	5	34,93	8,333	300	0,0278
6	32	40	6,65	397	20	100	5	36,22	8,333	300	0,0278
6	32	40	6,65	654	10	98	5	36,22	8,333	300	0,0278
6	32	40	6,65	14	20	60	5	37,3	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	685	20	98	5	36,72	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	234	20	90	5	39	11,111	300	0,0370
6	32	40	6,65	394	20	90	5	36,55	13,889	300	0,0463
6	32	40	6,65	735	20	80	5	34,89	11,111	300	0,0370
6	32	40	6,65	351	30	90	5	34,89	10,833	300	0,0361
6	32	40	6,65	333	30	90	5	36,43	11,111	300	0,0370
6	32	40	6,65	744	30	90	5	37,9	11,111	300	0,0370
6	32	40	6,65	723	30	90	5	39,8	13,889	300	0,0463
6	32	40	6,65	175	10	60	5	36,66	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	347	20	88	5	33,73	8,333	300	0,0278
6	32	40	6,65	226	30	90	5	36,09	5,556	300	0,0185
6	32	40	6,65	410	20	90	5	33,74	8,333	300	0,0278

## Annexe 6: Extrait de code informatique

```
C:\wamp\www/sites/table-fournisseur.php - Notepad++
Fichier  Édition  Recherche  Affichage  Encodage  Langage  Paramètres  Outils  Macro  Exécution  Modules d'extension  Documents ?
form-ajout-charge_vehicule.php  TransportRoadMap.php  calculer.php  header.php  table-fournisseur.php  table-produit.php  header2.php  table-entreprise.php  form-ajout-entreprise.php  form-ajout-fournisseur.php
10  <div class="col-md-5 align-self-center">
11  <h3 class="text-primary">Liste fournisseurs</h3> </div>
12  <div class="col-md-7 align-self-center">
13  <ol class="breadcrumb">
14  <li class="breadcrumb-item"><a href="javascript:void(0)">Accueil</a></li>
15  <li class="breadcrumb-item active">Suivi Consommation</li>
16  </ol>
17  </div>
18  </div>
19  <!-- End Bread crumb -->
20  <!-- Container fluid -->
21  <div class="container-fluid">
22  <!-- Start Page Content -->
23  <div class="row">
24  <div class="col-12">
25  <div class="card">
26  <div class="card-body">
27  <h4 class="card-title">Fournisseur</h4>
28  <h6 class="card-subtitle">Les informations détaillées des fournisseurs</h6>
29  <div class="table-responsive m-t-40">
30  <table id="example23" class="display nowrap table table-hover table-striped table-bordered" cellspacing="0" width="100%">
31  <?php
32
33
34  include_once("DataBase.php");
35  include_once("Modele.php");
36  include_once("connexion.php");
37  $md=new Modele($db,"fournisseur");
38  $t=$md->getColumnne();
39  ?>
40
41  <thead>
42  <tr>
43  <?php
44  foreach ($t as $key=>$value ){
45  if (isset($key) == "true") {
```

PHP Hypertext Preprocessor file      length: 4251    lines: 111    Ln: 3    Col: 28    Sel: 0 | 0      Windows (CR LF)    UTF-8-BOM    INS



```
C:\wamp\www\sites\header2.php - Notepad++
Fichier  Édition  Recherche  Affichage  Encodage  Langage  Paramètres  Outils  Macro  Exécution  Modules d'extension  Documents ?
TransportRoadMap.php  calculer.php  header.php  table-fourisseur.php  table-produit.php  header2.php  table-entreprise.php  form-ajout-entreprise.php  form-ajout-fourisseur.php  form-ajout-produit.php  for

202
203     $.ajax({
204         url : 'consulter.php',
205         type : 'GET',
206         dataType : 'html',
207         data : 'ids='+ids+'&idd='+idd,
208         success : function(code_html, statut){
209             var dd=document.getElementById("tt");
210             dd.innerHTML=code_html;
211         },
212
213         error : function(resultat, statut, erreur){
214
215         }
216     });
217 }
218
219
220 function choix(f){
221
222     $.ajax({
223         url : 'reclame.php',
224         type : 'GET',
225         dataType : 'html',
226         data : 'f=' + f+'&ids='+idsa+'&idd='+idda,
227         success : function(code_html, statut){
228             alert(code_html);
229         },
230
231         error : function(resultat, statut, erreur){
232
233         }
234     });
235 }
236 }
```